

Limnologische Untersuchungen am
Rhein - Main - Donau - Kanal (Europakanal)
im Bereich Nürnberg - Forchheim

von
Reinhardt Buck
aus
Hof

1977 No 207



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546228_0117

**Limnologische Untersuchungen am
Rhein - Main - Donau - Kanal (Europakanal)
im Bereich Nürnberg - Forchheim**

Den Naturwissenschaftlichen Fachbereichen
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

zur

Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt

von

Reinhardt Buck

aus

Hof

Als Dissertation genehmigt von den Naturwissenschaftlichen
Fachbereichen der Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung: 10. 5. 1977

Vorsitzender der Promotionskommission:	Professor Dr. E. Schweizer
Erstberichterstatter:	Professor Dr. W. Haupt
Zweitberichterstatter:	Professor Dr. J. Overbeck

Gliederung

	Seite
1. Einleitung	2
1.1. Problemstellung	2
1.2. Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung des Rhein-Main-Donau-Kanals	3
1.3. Geologie und Hydrographie des Nürnberger Hafens	5
1.4. Beschreibung des Untersuchungsgebietes	8
1.5. Meteorologische Daten	13
2. Methodik	14
2.1. Chemisch-physikalische Untersuchungen	14
2.2. Planktonuntersuchungen	15
2.3. Messungen der Primärproduktion	16
3. Ergebnisse	18
3.1. Chemische und physikalische Faktoren	18
3.1.1. Brunnenuntersuchungen	18
3.1.2. Die chemisch-physikalischen Daten im Hafen Nürnberg	20
3.1.3. Die chemisch-physikalischen Daten im Europakanal im Bereich Nürnberg	35
3.1.4. Die chemisch-physikalischen Daten im Kanalgebiet bei Forchheim	36
3.1.5. Vergleichende Übersicht der chemischen Verhältnisse in den untersuchten Teilabschnitten des Europakanals	42
3.2. Planktonaspekte	45
3.2.1. Planktonaspekte im Hafen Nürnberg	45
3.2.2. Planktonaspekte im Europakanal im Bereich Nürnberg	57
3.2.3. Planktonaspekte im Kanalgebiet bei Forchheim	60
3.2.4. Verzeichnis der gefundenen Algenarten	66
3.2.5. Beobachtete Zooplankter	86
3.2.6. Besprechung häufig vorkommender und taxonomisch interessanter Arten	113
3.3. Primärproduktion im Hafen Nürnberg	122
3.4. Gewässercharakterisierung	131
4. Zusammenfassung	134
5. Literaturangaben	137

1. Einleitung

1.1. Problemstellung

Bei den hier vorliegenden limnologischen Untersuchungen am Rhein-Main-Donau-Kanal wurde das Studium des Nürnberger Hafens (von Sept. 1972 - Dez. 1975) in den Mittelpunkt gestellt. Die möglichst vollständige Erfassung des Phytoplanktons war das erste Ziel. Die wichtigsten Fragen zu diesem Thema lauteten:

Welche Formen kommen vor?

Wie groß ist die Planktonmenge?

Wie sieht der jahreszeitliche Formenwechsel aus?

Ergeben sich im untersuchten Zeitraum Änderungen der Aspektfolgen?

Außer dem Hafengebiet wurde im Jahre 1973 der Europakanal im Bereich Nürnberg und ab März 1974 das Kanalstück bei der Lände Forchheim in die Untersuchungen mit einbezogen. Der Kanal bei Forchheim ist durch die eingeleitete Regnitz verunreinigt. Ein Vergleich mit dem noch relativ sauberen Wasser des Nürnberger Hafens erschien interessant.

Neben dem Phytoplankton wurden die klimatischen Veränderungen und die chemische Gewässersituation mit berücksichtigt. Messungen der Primärproduktion im Jahre 1975 sollten zur genaueren Charakterisierung der Trophiestufe beitragen.

Dieser gesamte Themenkreis ist in zweifacher Hinsicht relevant:

- a) An Hand der Untersuchungen soll die allmähliche Veränderung eines industriell genutzten Gewässers gezeigt und damit ein Beitrag zur Gewässerreinigung gegeben werden.
- b) Zudem kann die Arbeit zur Erweiterung der limnologischen Kenntnisse im fränkischen Raum beitragen. Außer den Untersuchungen von GLENK 1956, SCHMID 1963 und MÜLLER 1975 im Raum Erlangen liegen keine neueren Arbeiten vor.

1.2. Geschichtlicher Überblick über die Entwicklung des Rhein-Main-Donau-Kanals

Als erster unternahm Karl der Große den Versuch, Rhein und Donau durch einen Kanal zu verbinden. Der Bau begann 793 n.Chr., konnte aber wegen ungünstiger Wetterbedingungen nicht ganz vollendet werden. Als Rest dieses ersten Kanalprojekts erkennt man heute noch in der Gegend südlich von Weißenburg eine längliche Geländevertiefung, die sog. "Fossa Carolina". Um 1800, in der Ära Napoleons, erstellte der bayerische Ingenieur Hazzi, auf Betreiben der französischen Besatzungsarmee ein technisches Gutachten über eine Kanalverbindung von der Donau zum Rhein. Die Idee der Kanalverbindung war zu dieser Zeit noch ein Politikum, um die südlichen Staaten des deutschen Bundes mit den nördlichen wirtschaftlich zu verbinden. Auch König Ludwig I. betrachtete die Kanalverbindung noch im politischen Sinn. Er wollte damit den Güterverkehr im eigenen Land sowie mit den angrenzenden Staaten beleben. So beauftragte er 1825 den späteren Erbauer des Kanals, Heinrich Freiherr von Pechmann, einen Bauentwurf und einen Kostenvoranschlag anzufertigen. Im Frühjahr 1837 begannen die Bauarbeiten an der 172 km langen Strecke. Der Kanal bekam eine Breite von 10,5 m und eine Tiefe von 1,46 m. Mit 101 Schleusen überwand man die Höhenunterschiede. Der Ludwig-Donau-Main-Kanal konnte schon 1843 von Bamberg bis Nürnberg, 1846 in seiner vollen Länge bis Kelheim befahren werden. Jährlich wurden ca. 150 000 t im Treidelbetrieb befördert. Trotzdem erfüllte der Kanal nicht die Hoffnungen, die an ihn als durchgehende Wasserstraße vom Rhein zur Donau geknüpft worden waren. Die Eisenbahn, die 1835 das erste Mal zwischen Nürnberg und Fürth verkehrte, wuchs sich zur übermächtigen Konkurrenz aus. Die Kanalschifffahrt wurde bereits um die Jahrhundertwende zu unrentabel, jedoch erfolgte ein Gütertransport auf diesem Wasserweg bis etwa 1942.

Nach dem 2. Weltkrieg wurden viele defekte Schleusen nicht mehr repariert und der Kanal streckenweise aufgelassen. Mit dem Bau eines neuen 133 km langen Rhein-Main-Donau-Kanals, des sog. Europakanals, wurde 1959 begonnen. Im September 1960 wurden die ersten Gutachten für den Bau des Nürnberger Hafens erstellt und am 5. Juli 1968 zeigte die erste Sprengung den Auftakt zu den Bauarbeiten an. Die Strecke Bamberg - Nürnberg war im Herbst 1972 mit der Eröffnung des Nürnberger Hafens vollständig fertiggestellt. Der weitere Ausbau bis zur Donau geriet in den letzten Jahren zeitweise durch die Finanzkrise der öffentlichen Haushalte in Gefahr. Derzeit scheint es jedoch so, als ob die begonnenen Bauarbeiten auf der Strecke Nbg. - Kelheim in absehbarer Zeit (bis 1980) doch noch zu einer erfolgreichen Beendigung des Gesamtprojekts führen werden.

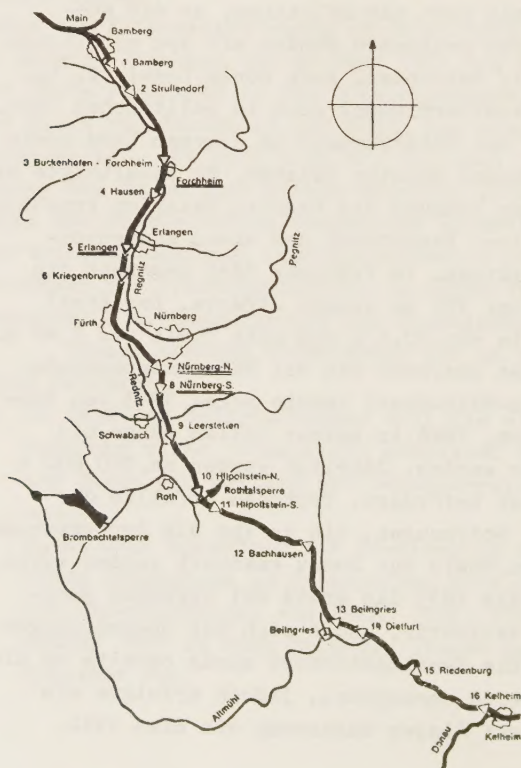


Abbildung 1: Europakanal zwischen Bamberg und Kehlheim

△ = Schleusen

1.3. Geologie und Hydrographie des Nürnberger Hafens

Der Hafen und der Europakanal der "Haltung Nürnberg" liegen teilweise in einem 320 m breiten altpleistozänen Urstromtal. Das Tal ist fast 40 m in Sandstein-keuper eingetieft und ist bis zum heutigen Geländeniveau verschüttet. Die Talfüllung besteht aus Sanden, Tonen und Schottern, deren Entwicklung vom Jungtertiär bis zur Günzeiszeit zu verfolgen sind (vergl. SPÖCKER 1973). Die Sohle des Urtals verläuft in den Lehrbergschichten des Keupers.

Eine Übersicht zeigt die folgende Skizze aus den geologischen Untersuchungen beim Hafenbau.

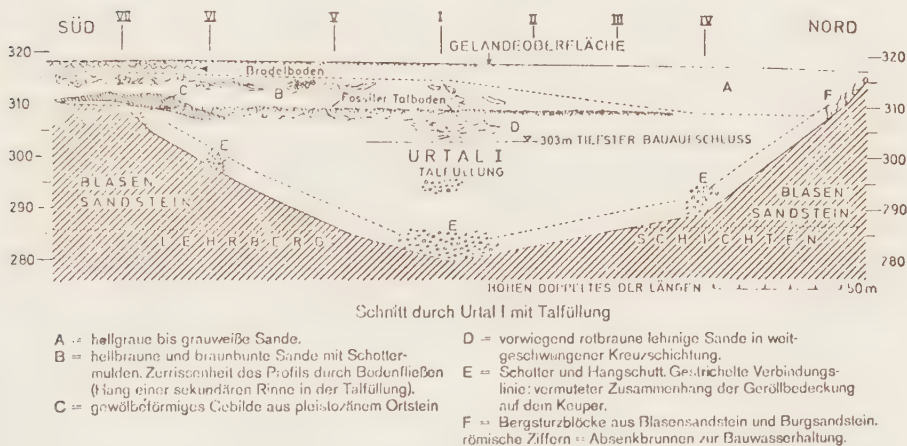


Abb. 2 Schnitt durch das Urstromtal im Bereich des Hafens Nürnberg (nach SPÖCKER)

Die Hafensohle ist nicht mit Zement befestigt, sondern besteht aus dem ursprünglichen geologischen Untergrund, aus Blasen Sandstein und in der Hafeneinfahrt aus abgelagerten feinkörnigen fluviatilen Sanden der Erosionsrinne. Der Grundwasserspiegel liegt bei 317 m NN im Norden und bei 315 m NN im Süden. Der Wasserspiegel des Hafens und des Europakanals befindet sich bei 312,5 m NN.

Der gemessene Grundwasserzulauf beträgt ca. 40 l/sec. (nach Angabe der Hafenverwaltung). Die "Haltung" wurde vom 1.12.1970 bis zum Frühjahr 1972 durch das einfließende Grundwasser geflutet. Es wurde durch Brunnen gespeist, die im Urstromtal auf der Ost- und Westseite des Kanals gebohrt wurden. Die Absenkung des Grundwasserspiegels bei der Füllung führte zur Einschwemmung von Abbaustoffen aus dem nahegelegenen Schuttplatz (siehe Abb. 3 und vergl. Kap. 3.1.1.).

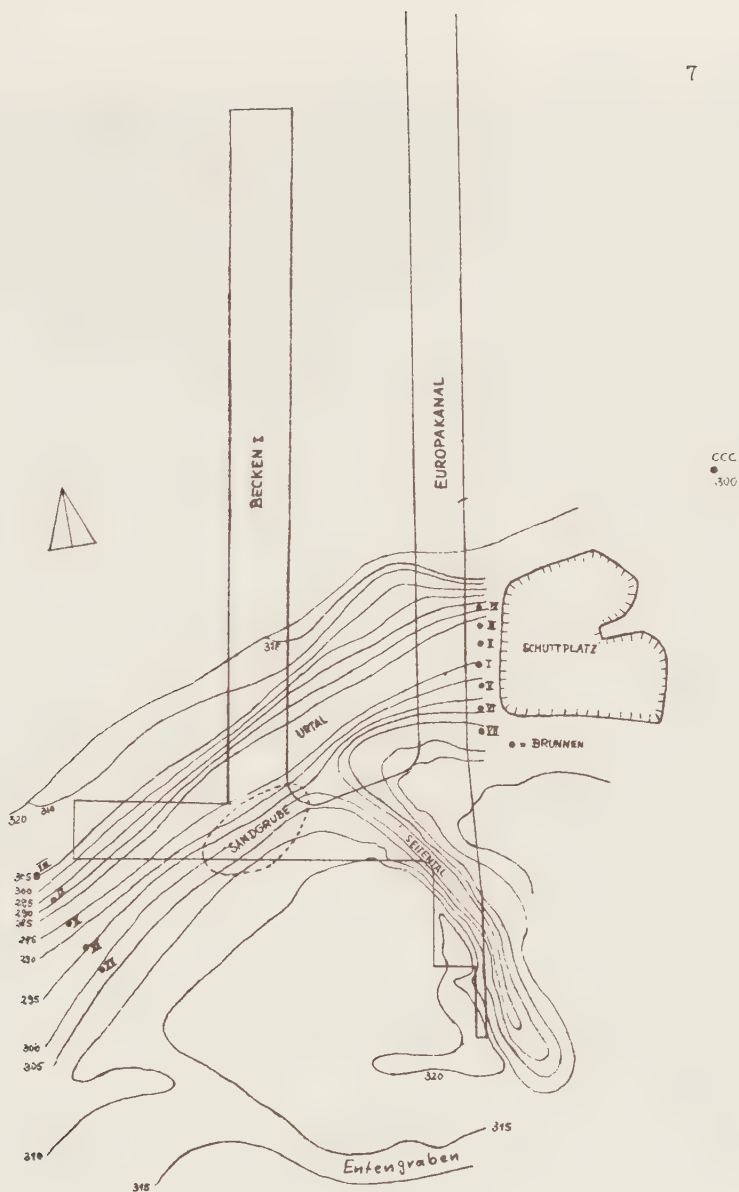


Abb. 3 Lage des Hafengebiets im Urstromtal
Römische Ziffern = Brunnen

1.4. Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Haltung Nürnberg besteht aus dem Hafenbecken und dem Europakanal zwischen der Schleuse Nord (Eibach) und der Schleuse Nürnberg Süd. Das Hafenbecken erstreckt sich auf eine Länge von 1200 m, die Breite beträgt 100 m. Die Wassertiefe liegt, wie im Europakanal, bei 3,5 m. Mit zum Hafen zählt das erweiterte Kanalstück an Kai 1 von 1500 m Länge und 80 m Breite. Das Wasser des Hafengebiets ist meist durch Vegetationsfärbung grünlich. An den betonierten Seitenwänden findet man häufig Besatz von benthischen Grünalgen (*Chladophora crista* et al. spec.).

Der Kanal nach der Schleuse Nord hat im Gegensatz zum Hafen ein flaches Ufer, das mit großen Steinen belegt ist. Im Sommer gedeihen dort ausgedehnte Watten von *Chladophora*-arten. Ein Bewuchs an höheren Wasserpflanzen fehlt dagegen. Am Boden findet sich eine ca. 20 cm dicke Schlammschicht. Der Kanal mißt an dieser Stelle 25 m in der Breite.

Das Kanalstück an der Lände Forchheim entspricht im wesentlichen dem Bau des Kanals bei Nürnberg Nord. Das mit Steinen befestigte Ufer ist jedoch nicht mit Fadenalgen bewachsen. An höher gelegenen Teilen der Uferböschung sieht man häufig Ruderalpflanzen (z.B. sehr viel *Urtica*). Der Boden des Kanals ist hier mit einer Schlammschicht von 70 - 100 cm bedeckt. Das Wasser weist einen sehr hohen Detritusgehalt auf, der die Wasserfarbe fast schwarz erscheinen läßt. Dieser Detritus besteht zum größten Teil aus feinverteilten Schlammpartikeln, die durch die Schifffahrt aufgewirbelt werden und lange in Schwebe bleiben.

Zur Haltung Nürnberg vergleiche die folgenden Abbildungen 4 - 6.



Abb. 4 Luftaufnahme des Hafengebiets (freigegeben unter LNct-G 301/4186)

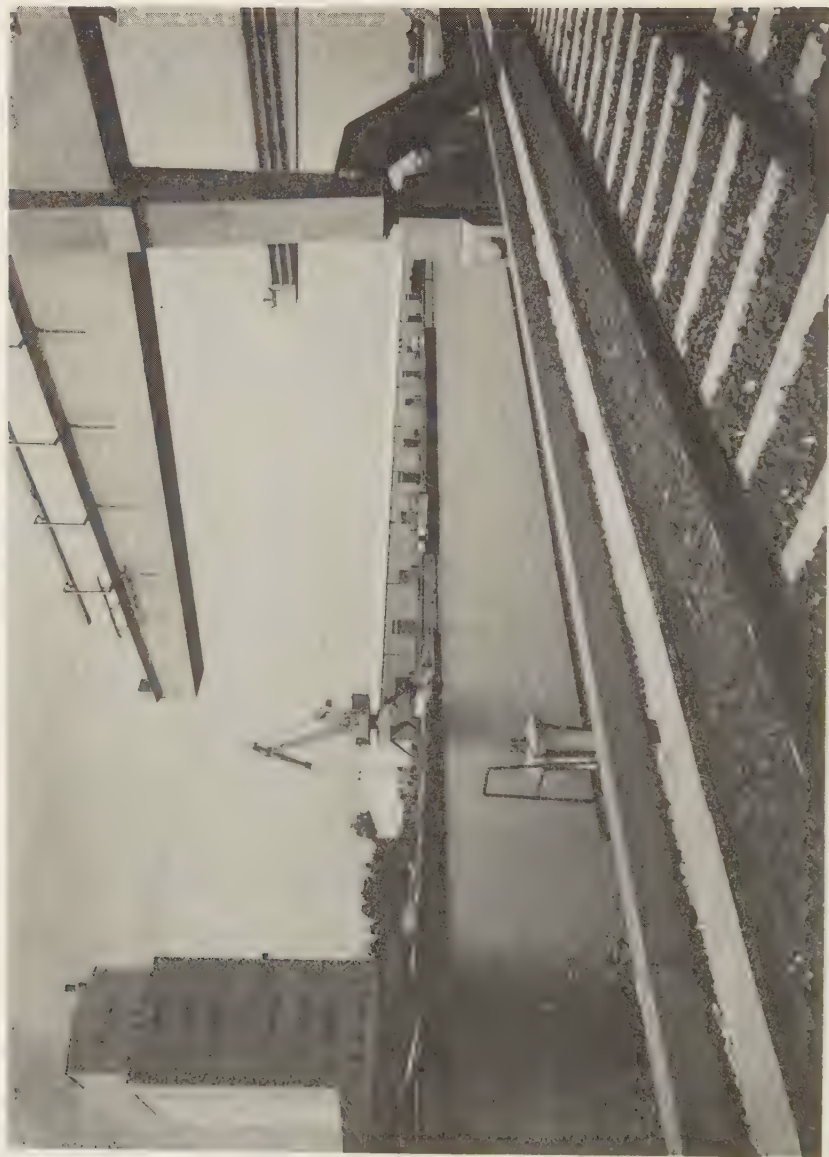


Abb. 5 Hafenbecken Kai 2 und (gegenüberliegende Seite) Kai 3



Abb. 6 Europakanal Kai 1

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	*
Mittel/Tag in °C													
Temperaturen 1972								16,6	11,1	6,2	3,9	-0,4	
Temperaturen 1973	-0,6	-0,2	3,8	5,9	15,0	16,6	17,5	18,3	14,9	7,5	3,5	-0,4	
Temperaturen 1974	3,3	3,2	7,0	8,4	11,9	15,2	16,5	18,6	14,3	5,5	4,4	4,4	
Temperaturen 1975	3,9	1,4	4,3	7,9	13,4	15,6	19,2	19,1	16,5	7,6	2,3	0,6	
langjähriges Mittel	-1,2	0,2	3,8	8,2	13,2	16,4	18,1	17,2	13,6	8,3	3,5	0,1	
Gesamt/Monat in mm													
Niederschläge 1972								77,8	16,6	32,6	66,6	11,5	
Niederschläge 1973	37,6	44,3	28,9	64,7	49,2	106	120	53,1	14,1	46,8	66,7	61,7	693,1
Niederschläge 1974	54,8	42,7	20,6	14,6	47,6	101	106	68,7	59,3	82,1	40,6	87,5	725,5
Niederschläge 1975	36,8	18,3	23,7	35,1	78,5	145	30,9	57,9	33,8	30,4	47,7	9,9	548,8
langjähriges Mittel	44	40	36	41	56	73	93	77	48	48	42	43	641
Mittel/Tag in h													
Sonnenschein								6,7	5,2	5,3	1,9	2,5	
Sonnenschein 1973	1,2	2,0	4,6	5,2	8,1	8,0	7,9	9,4	6,7	6,7	2,4	2,0	5,35
Sonnenschein 1974	1,0	2,1	3,6	7,2	6,2	7,1	6,1	7,4	6,4	1,2	1,9	1,1	4,28
Sonnenschein 1975	1,9	5,7	3,8	5,1	7,0	6,7	7,9	7,6	6,3	2,7	1,4	1,2	4,78
langjähriges Mittel	1,7	2,9	4,9	6,1	7,5	7,4	7,4	6,9	5,8	4,0	1,8	1,3	4,80

Tab. 1 Meteorologische Daten des Wetteramtes Nürnberg im Untersuchungszeitraum

* Jahresmittel bzw. Jahressumme (Die Angabe eines Jahresmittels für die Temperatur ist ungebräuchlich)

1.5. Meteorologische Daten

Die wichtigsten Wetterdaten des Untersuchungszeitraumes sind anhand einer Tabelle dargestellt. Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Januar- und Februarmonate von 1974 und 1975 gegenüber dem "Normmonat" viel zu warm waren. 1974 lagen sogar die Temperaturen des Dezembers im Durchschnitt weit über dem Mittelwert. Im Winter 1973/74 kam es nur zu einer geringfügigen Eisbildung, im Winter 1974/75 fehlte sie völlig. Besonders warm war auch der September 1975, dessen hochsommerliche Wärmegrade eine starke Blaualgenblüte hervorriefen. Die Gesamtniederschlagsmenge im Jahre 1973 und besonders 1974 lag weit über dem langjährigen Jahresmittel. 1975 zeigte sich das Jahr im allgemeinen sehr trocken. Im Dezember fiel kaum Schnee. Nur der Juni war mit 145 mm Niederschlag sehr verregnet. Die Sonne kam 1973 etwas öfter durch die Wolken und schien im Durchschnitt fast eine Stunde länger pro Tag. 1974 hatte besonders der Oktober nur wenige Sonnentage. Im Jahresmittel fehlte 1/2 Stunde täglich zur "üblichen Norm". Die tägliche Sonnenscheindauer im Jahre 1975 hielt sich streng an den langjährig ermittelten Wert. In diesem Jahr war wiederum der Oktober recht benachteiligt, während im Februar doppelt so viele Sonnenstunden täglich zu verzeichnen waren als im langjährigen Monatsmittel für einen Tag üblich.

2. Methodik

2.1. Chemisch-physikalische Untersuchungen

Die chemischen Untersuchungen wurden im Labor des Botanischen Instituts der Universität Erlangen, zum Teil auch im Labor der Lehranstalt für Pharmazeutisch-technische Assistenten Nürnberg durchgeführt.

- 2.1.1.. An Ort und Stelle erfolgte stets die Messung der Temperaturen der Luft und des Wassers, des pH-Wertes mit einem tragbaren Gerät der Firma WTW (Elektrode der Firma Ingold, Typ 450) und die orientierende Bestimmung der Gesamthärte (GH) mit dem Reagenziansatz "Aquatest" der Firma Roth, Karlsruhe. Die genaue Bestimmung der Gesamthärte wurde im Labor mit Titriplex der Firma Merck vorgenommen.
- 2.1.2. Die Karbonathärte (KH) = Alkalinität wurde durch Titration mit 0,1 n HCl gegen Methylorange als Indikator bestimmt = Säurebindungsvermögen (SBV).
- 2.1.3. Die Sulfathärte (SH) wurde als Differenz: Gesamthärte minus Karbonathärte errechnet.
- 2.1.4. Der Sauerstoffgehalt wurde nach dem deutschen Einheitsverfahren (Methode nach WINKLER) ermittelt.
- 2.1.5. Der Gehalt an organischen Stoffen wurde durch den Kaliumpermanganatverbrauch maßanalytisch bestimmt.
- 2.1.6. Der Gehalt an Ammoniak wurde mit Neßler's Reagenz und zwar 1972 - 1974 kolorimetrisch mit dem Hellige Komparator, 1975 photometrisch mit einem Spektrallinien-Photometer Typ LP3V der Firma Lange (Berlin) gemessen.
- 2.1.7. Nitrat wurde mit Brucin in stark schwefelsaurer Lösung nachgewiesen. Die Bestimmung erfolgte photometrisch bei 420 nm.
- 2.1.8. Nitrit wurde mit α -Naphthylamin und Sulfanilsäure nachgewiesen. Die rot gefärbte Lösung wurde bei 530 nm photometriert.
- 2.1.9. Phosphationen bilden mit Molybdat gelbe komplexe Phosphor-molybdat-Ionen, die mit Reduktionsmitteln in saurer Lösung zu Molybdänblau reagieren. Diese Farblösung wurde bei 720 nm photometriert.

- 2.1.1. Lösliches Silikat bildet mit Molybdat ebenso wie die Phosphorsäure Komplexe gelb gefärbte Heteropolysäuren. Nach Reduktion zu Molybdänblau kann ebenfalls bei 720 nm der Gehalt an löslichem Silikat bestimmt werden.
- 2.1.11. Manganionen werden durch Oxidationsmittel in saurer Lösung zu violett gefärbten Permanganationen oxidiert. Der Mangan Gehalt der gefärbten Lösung wurde bei 525 nm photometrisch bestimmt.
- 2.1.12. Eisen-III-Ionen bilden mit CNS-Ionen das intensiv rot gefärbte Eisenrhodanid $\text{Fe}(\text{CNS})_3$. Die gefärbte Lösung wurde photometrisch bei 490 nm gemessen.
- 2.1.13. Chloridionen wurden durch Titration mit Silbernitrat gegen Kaliumdichromat als Indikator quantitativ bestimmt (Endpunktbestimmung nach MOER).
- 2.1.14. Die Sichttiefe wurde mit der Secchi-Scheibe ermittelt.

2.2. Planktonuntersuchungen

- 2.2.1. Zur qualitativen Bestimmung wurden Netzproben entnommen. Die Maschenweite der Netze betrug $60 \times 60 \mu\text{m}$ (Netz Nr. 25 der Firma Franck, Stuttgart), $28 \times 28 \mu\text{m}$ und $10 \times 10 \mu\text{m}$ (Mikroplanktonnetze nach HÜLL).
- 2.2.2. Für die quantitative Auszählung wurden Proben mit einem 1 l Ruttner-Schöpfer entnommen. Das Plankton wurde mit Lugol'scher Lösung fixiert. Die Untersuchungen wurden nach dem Verfahren der mehrfachen Sedimentation nach JETERHILL 1925 (vergl. GLENN 1954) vorgenommen. Da kein umgekehrtes Mikroskop zur Verfügung stand, wurden die Algen in 0,1 ml auf einer Zählplatte ausgezählt und der Literwert errechnet (Mehres vergl. GLENN 1962/63 und HÜLLER 1975). Bei der Nomenklatur der Taxa, sowie der systematischen Einteilung der Algengruppen wurde den Angaben bei POTT (1971) gefolgt.
- 2.2.3. Als zweite Möglichkeit zur Bestimmung des "standing crop" wurde die Chlorophyllmethode angewandt (vergl. GESSLER 1949, SCHMID 1965). Der Chlorophyllgehalt wurde nach der Methode von BÜGER (1964) bestimmt.
($\mu\text{g Chl. a+b/ml Methanol} =$

$$2,55 \cdot 10^{-2} \cdot A_{650} + 0,4 \cdot 10^{-2} \cdot A_{665}).$$

Als Vergleich zur Primärproduktion wurden 1975 die

einzelnen Pigmentkomponenten nach der Methode der
 JCR-SUNESCO Working Group (1971) errechnet.

Berechnung der Nettoextinktionen der zu bestimmen-
 den Pigmente:

$$\begin{aligned} C - \text{Chlorophyll a} &= 11,64 E_{663} - 2,16 E_{645} - 0,10 E_{630} \\ C - \text{Chlorophyll b} &= 20,97 E_{645} - 3,94 E_{663} - 3,66 E_{630} \\ C - \text{Chlorophyll c} &= 7,22 E_{630} - 5,53 E_{663} - 14,81 E_{645} \end{aligned}$$

Berechnung der Chlorophyllkonzentration in 1 l Probe:

$$\mu\text{g Chl.}/l = \frac{C \cdot v}{d \cdot V}$$

v = Vol. Acetonextrakt in ml
 V = Probevol. in Litern
 C = nach Punkt 1 berechnete Nettoextinktionen
 d = Schichtdicke in cm

Der Carotinoidgehalt wird nach Abzug des 3-fachen Extink-
 tionswertes bei 750 nm von E_{480} näherungsweise nach fol-
 gender Formel berechnet:

Berechnung der Nettoextinktionen der zu bestimmenden Ge-
 samtcarotinoide:

$$\begin{aligned} C - \text{Gesamtcarotinoide} &= 4,0 E_{480}, \text{ wenn vor allem Chloro-} \\ &\quad \text{phyta und Cyanophyta in} \\ &\quad \text{der Probe, bzw.} \\ &= 10,0 E_{480}, \text{ wenn vorwiegend Chromo-} \\ &\quad \text{phyta in der Probe vor-} \\ &\quad \text{handen.} \end{aligned}$$

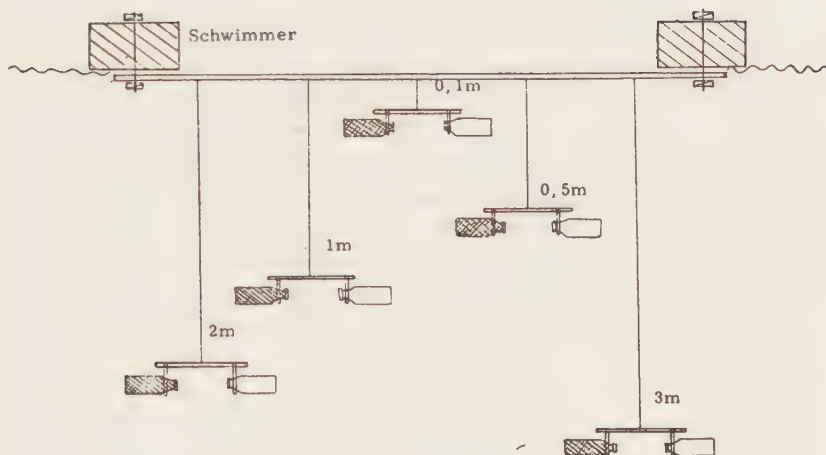
Berechnung der Carotinoidkonzentration in 1 l Probe wie bei
 der Chlorophyllberechnung angegeben.

2.7. Messungen der Primärproduktion

Die Bestimmungen wurden in einem Labor der Fachhochschule
 Nürnberg ausgeführt.

2.3.1. Sauerstoffmethode: Die Produktion wurde bestimmt
 durch den Unterschied des Sauerstoffgehalts in
 Hell- und Dunkelflaschen. Die Flaschen wurden 4
 Stunden lang exponiert.

2.3.2. C^{14} -Methode: Es wurde ebenfalls in Hell- und Dunkel-
 flaschen exponiert. In jede Probeflasche (ca. 100 ml)
 wurden ungefähr 20 μC an C^{14} gegeben. Nach der
 Exposition wurden 2 ml Wasser als Gesamtaktivität
 und 8 ml Algenfiltrat als fixierte Aktivität aus-
 gezählt. Die Aktivität wurde durch Scintillations-
 messung bestimmt. Die Gesamtmenge an C wurde aus
 dem pH-Wert und dem SBV des Wassers errechnet
 (Methode nach REBSDORF 1972).



Zur Probenexposition diente ein dünner Metallrahmen mit zwei Schwimmern aus Styropor. An dem Rahmen waren mit dünnen Leinen Plastikstäbe befestigt, an denen die Expositionsflaschen mit einer Klammer waagrecht angebracht wurden. Um eine gegenseitige Beschattung möglichst zu vermeiden wurde die obige Anordnung der Leinen gewählt. An jedem Querstab befanden sich je zwei Dunkel- und zwei Hellflaschen; ein Flaschenpaar (hell, dunkel) für die O_2 -Messung und ein Paar für die C^{14} -Messung.

3. Ergebnisse

3.1. Chemische und physikalische Faktoren

3.1.1. Brunnenuntersuchungen:

Das Hafenbecken wurde durch Grundwasserzufluß gefüllt. Der Zufluß wurde durch Brunnen gespeist, die auf der West- und der Ostseite des Hafens gebohrt worden waren. Die chemischen Untersuchungen dieser Brunnen erfolgte bis September 1970 durch die Stadt Nürnberg. Die Ergebnisse im Jahre 1970 sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

	Gesamtablauf der Brunnen (+)						Bach		Brunnen	
	Reihe: Ost			Reihe: West			Entengraben		300	
Datum 1970	13.3.	18.6.	31.8.	13.3.	18.6.	31.8.	13.3.	18.6.	31.8.	13.3.
KH $^{\circ}\text{dH}$	5,9	5,9	5,9	8,1	7,8	7,8	1,7	3,4	4,5	0,8
GH $^{\circ}\text{dH}$	8,0	7,8	8,2	9,4	9,0	9,5	4,8	6,3	6,4	1,4
Cl^- mg/l	30	38	40	23	21	22	49	28	43	7,8
NH_4^+ mg/l	1,5	2,4	2,5	0,45	0,34	0,31	0,49	0,27	0,34	0,34
NO_3^- mg/l	1,8	2,3	2,4	2,1	1,8	2,2	2,9	1,7	0,9	0,5
Fe^{+++} mg/l	4,1	7,2	10	0,5	0,37	0,33	0,65	1,1	0,58	0,33
KMnO_4 mg/l	7,0	8,8	9,2	4,5	4,4	3,5	30	35	25	17
pH	6,6	6,7	6,95	7,0	7,0	7,3	7,0	7,2	7,5	5,5

Tab. 2 Chemische Faktoren der Brunnenuntersuchungen
im Bereich des Hafen Nürnbergs

Der Brunnen 300 liegt östlich des Schuttplatzes im Urstromtal und wurde als "Nullwert"-Brunnen betrachtet, da er keiner Abwasserbelastung ausgesetzt ist (vergl. Abb. 3). Die Brunnenreihe Ost (I - VI) liegt direkt unterhalb des Schuttplatzes. Im Gesamtablauf findet man deshalb hohe Ammonium- und Nitratwerte. Die hohen Chlorid- und Eisenmengen sind ebenfalls auf die Belastung aus dem Schutt zurückzuführen.

(+) Die einzelnen Brunnen einer Reihe wurden in einem gemeinsamen Rohr (Gesamtablauf) zusammengefaßt.

Die Brunnenreihe West (VIII - XII) liegt südwestlich vom Hafen im Urstromtal. Hier findet man allerdings gleichhohe Nitratanteile im Wasser. Eindeutig niedriger sind die Ammonium-, Chlorid- und Eisenwerte, da hier nur ein geringfügiger Einfluß von der Schutthalde her vorliegt.

Zeitweise wurde das Wasser des Entengrabens mit in die Grundwasserzufuhr eingeleitet. Auch hier findet man einen relativ hohen Nitratgehalt.

Die Ergebnisse dieser chemischen Untersuchungen lassen bereits auf eine Eutrophierung bei der Flutung des Hafens schließen.

3.1.2. Die chemischen und physikalischen Daten im Hafen Nürnberg

3.1.2.1. Phosphat (PO_4^{3-})

Der Phosphatgehalt bewegte sich im Jahre 1973 zwischen 0,3 und 1,9 mg/l, 1974 zwischen 0,3 und 2,2 mg/l und 1975 zwischen 1,0 und 3,25 mg/l. Solch hohe Phosphatwerte findet man sonst nur in abwasserbelasteten oder stark gedüngten Gewässern. (vergl. SCHMID 1963, UHLMANN 1967, MÜLLER 1974 und AMBÜHL 1974). Da das Hafengebiet von Abwässern frei ist, scheidet diese Ursache aus. Eine ständige, wenn auch unfreiwillige Dürgung ist allerdings durch den Umschlag von Rohphosphat und phosphathaltigen Schlacken gegeben.

Umschlagsmengen in t · 1000	1973	1974	1975
Getreide (Weizen, Gerste, Mais, Roggen)	181,7	80,6	96,4
Futtermittel (Sojaschrot, Zuckerrüben u.s.w.)	54,6	128,8	134,0
Schlackensand (phosphathaltig)	14,2	14,3	13,7
Phosphat (Rohphosphat) feinkörnig	29,6	43,6	22,2

Tab. 3 Güterumschlagsmengen im Hafen Nürnberg

Bei einem durchaus realistischen Verlust von 0,1% beim Löschen der Ladung, erhält man je nach der jährlichen Umschlagsmenge 2,2 bis 4,36 t Phosphat pro Jahr an Einschwemmung in das Hafenwasser. Dies führt zu einer allmählichen Zunahme des durchschnittlichen Phosphatgehalts. Während 1974 der Mittelwert um 1,45 mg PO_4 /l schwankte, lag er 1975 bei 2,47 mg PO_4 /l. Auf Abb. 7 ist ein deutlicher Anstieg der Phosphatwerte im Jahre 1975 zu erkennen.

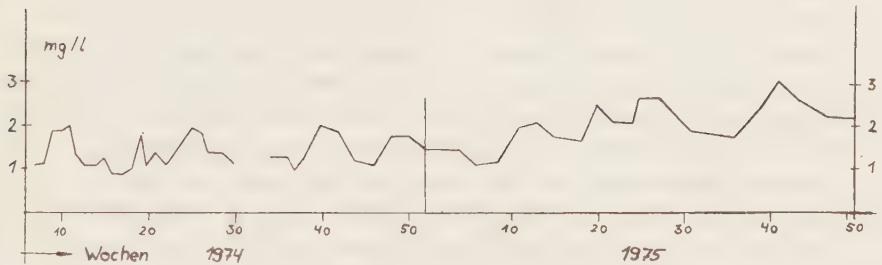


Abb. 7 Schwankungen des Phosphatgehalts im Hafen Nürnberg

Ein ständig steigender Phosphatgehalt ist heute das Problem vieler Gewässer. Als Beispiel sei die Phosphatanreicherung im Bodensee angeführt (vergl. Abb. 8).

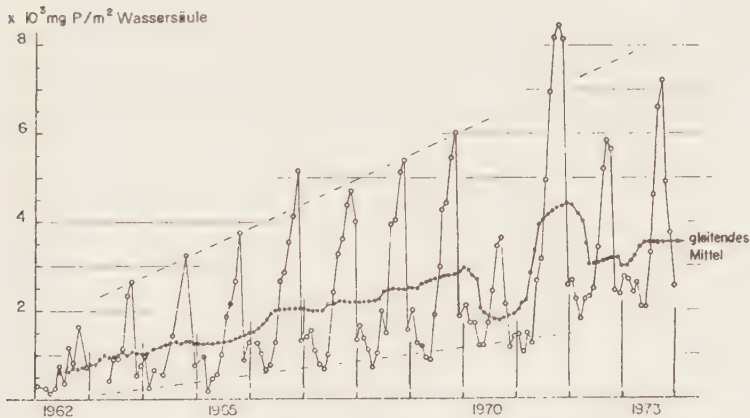


Abb. 5 Phosphatgehalt im Bodensee (Untersee) nach AMBÜHL

Da gerade Phosphat der wirksamste Nährstoff für das Phytoplankton ist, was durch viele wissenschaftliche Arbeiten bewiesen wurde (UHLMANN 1967, OVERBECK 1962, AMBÜHL 1975 u.a.), muß man auf die Eutrophierung durch Phosphat das größte Augenmerk richten. Die permanente Zufuhr von Phosphat ruft eine maximale Produktionsleistung des Gewässers hervor. Durch das erhöhte Wachstum der Algen werden aber auch alle anderen

Stufen der Nahrungskette in Bewegung gesetzt. Dabei kommt es häufig zu großen Veränderungen der dominierenden Arten (vergl. Kap. 3.2.1. und 3.3.). Die natürliche "Infrastruktur" wird durch das allzu rasche Wachstum gestört. Das massenhaft produzierte Plankton verfällt dem natürlichen Abbauprozess. Dies hat eine hohe Sauerstoffzehrung oder völligen Sauerstoffschwund im betreffenden Wasserhorizont zur Folge. Der anaerobe Abbau erzeugt Giftstoffe, die das System selbst empfindlich schädigen. Außerdem bewirkt die hohe Bioaktivität eine chemische Rücklösung von Phosphor, die wiederum als positive Rückkoppelung die Eigenproduktion des Gewässers anregt.

3.1.2.2. Stickstoff (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+)

Der Nitratgehalt war ebenfalls verhältnismäßig hoch bei 0,3 - 2,0 mg/l (1973), 0,8 - 1,8 mg/l (1974) und 1,0 - 3,0 mg/l (1975). Auch hier zeigte sich eine Zunahme des Nährstoffangebots, wiederum hervorgerufen durch die unfreiwillige Düngung beim Umschlag stickstoffhaltiger Futtermittel (vergl. Tab. 3). Die Höhe des Ammonium-Gehalts wird durch die gleichen Faktoren beeinflusst. Die Werte bewegen sich zwischen 0,5 - 1,1 mg NH_4^+ /l 1973, 0,1 - 1,25 mg/l 1974 und 0,5 - 2,0 mg/l 1975.

Der Nitritgehalt war sehr niedrig, zwischen 0,05 und 0,13 mg/l (1973 und 1974) und lag 1975 mit 0,05 - 0,2 mg/l geringfügig höher. Gewässer mit hohem Nitritgehalt sind äußerst selten. Nitrit unterliegt als Zwischenproduktion der Oxidation von NH_4^+ zu NO_3^- meist einer schnellen Umsetzung.

Betrachtet man den Jahresgang der Nitrat- und Ammoniumwerte, so zeigen die Kurven einen unperiodischen, regellosen Verlauf. Eine Periodizität, hervorgerufen durch den Nährstoffverbrauch des Phytoplanktons, ist nicht zu erkennen.

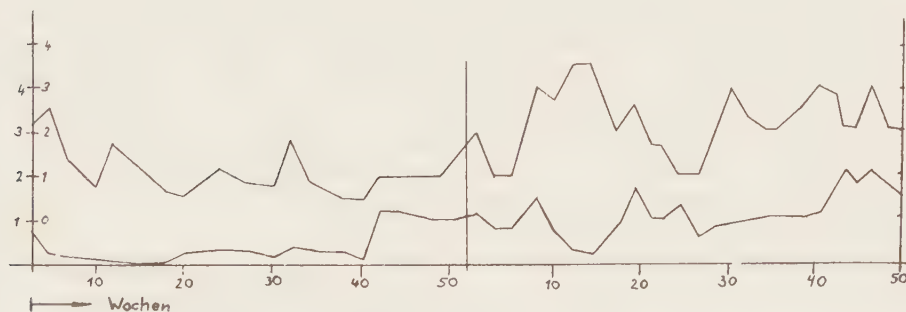


Abb. 9 Schwankungen des Stickstoffgehaltes (NO_3^- , NH_4^+) im Hafen Nürnberg
 NO_3^- Ordinatenwerte rechts, NH_4^+ Ordinatenwerte links

3.1.2.3. Silikat, lösliche Kieselsäure

Im Jahre 1973 lagen die Werte zwischen 0,3 und 0,7 mg SiO₂/l, 1974 zwischen 0,1 und 1,3 mg/l und 1975 zwischen 0,5 und 2,1 mg/l. Erstaunlich ist, daß diese Silikatsmengen im Vergleich zu vielen Flachgewässern relativ niedrig sind (vergl. SCHMID 1963, JANA 1973). Selbst die Höchstwerte liegen an der Minimumsgrenze für ein optimales Wachstum an Bacillariophyceen. Nach Versuchen von JÖRGENSEN (1957) an *Nitzschia palea* sind für ein optimales Wachstum 3-10 mg gelöstes SiO₂ nötig. PEARSALL (1932) konstatierte, daß unter 0,5 mg SiO₂/l kein erkennbares Wachstum an Bacillariophyceen auftritt. REYNOLDS (1973) fand bei seinen Untersuchungen über Bacillariophyceen in einem schwach eutrophen See (Crose Mere, England) SiO₂-Werte zwischen 0,04 und 6 mg/l. Die von REYNOLDS gezählten Höchstwerte an Bacillariophyceen lagen bei 35×10^4 Zellen pro Liter (bei *Asterionella formosa*). Im Hafen Nürnberg wurden allerdings trotz niedrigerer Silikatwerte eine höhere Zellzahl an Bacillariophyceen gefunden (113×10^4 Z/l bei *Synedra acus*).

Der Hauptgrund dürfte sein, daß im Nürnberger Hafen durch die Rückführung von Kieselsäure aus dem Sediment genügend SiO₂ zur Verfügung steht. Durch die hohe Dichte der Bacillariophyceenpopulation werden große Mengen an SiO₂ durch absinkende Schalen abgestorbener Bacillariophyceen sedimentiert. Zum Teil wird das Silikat durch Eisen(III)-oxidhydrate und Aluminiumoxidhydrate im Sediment gebunden (vergl. SCHWOERBEL 1971). Diese Silikatanteile entziehen sich dem Nachweis auf lösliches Silikat. Die Lösung des Silikats aus dem Sediment erfolgt entsprechend dem Lösungsgleichgewicht. Eine hohe Populationsdichte mit hohem Verbrauch bewirkt eine Mobilisierung von SiO₂ aus dem Sediment, die besonders in flachen Gewässern, wie im Hafengebiet, rascher vorstatten geht als in Seen (vergl. OHLE 1964).

Ein Vergleich der Silikatwerte mit der Bacillariophyceenpopulation (vergl. Abb. 10) zeigt eine recht gute gegenläufige Beziehung, wie sie in vielen Arbeiten beschrieben wird (vergl. KING and DAVIDSON 1933, LUND 1950, KOMAROVSKY 1953, SARKAR and RAY 1964, JANA and SARKAR 1971, REYNOLDS 1973).

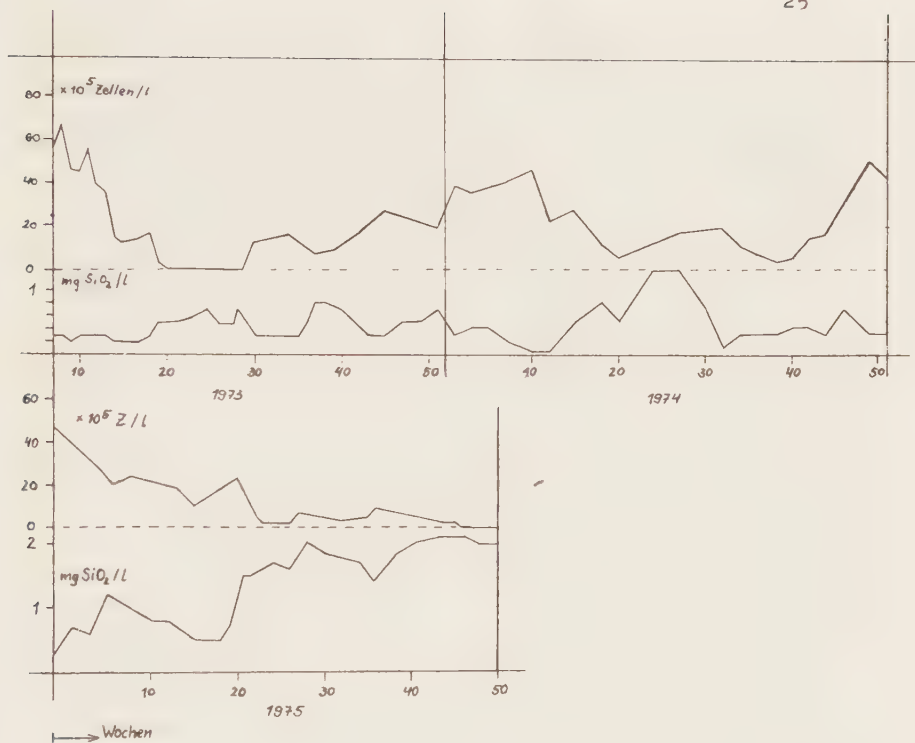


Abb. 10 Schwankungen der Silikatwerte im Vergleich zur Gesamtzellzahl an Bacillariophyceen im Hafen Nürnberg

3.1.2.4. Sauerstoffgehalt

Die im Wasser gelöste Sauerstoffmenge ist von der Wassertemperatur, von der Turbulenz des Wassers und von der Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons abhängig. Daneben wirkt sich aber noch die Atmung des Planktons, insbesondere des Zooplanktons und die Sauerstoffzehrung durch Bakterien und organische Stoffe aus.

Vergleicht man die gemessenen Sauerstoffwerte mit den Werten der möglichen Sauerstoffsättigung im Wasser bei einer bestimmten Temperatur = 100%, so kann man ein Sauerstoffdefizit oder eine Übersättigung feststellen.

Generell ist ein hohes Sauerstoffdefizit, bzw. ein niedriger O_2 -Gehalt meist ein Zeichen für ein reiches Angebot an autochthoner oder allochthoner organischer Substanz oder (und) für einen hohen O_2 -Bedarf der Bakterienflora oder des Zooplanktons. Hohe Sättigungswerte und Übersättigung indizieren häufig hohe Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons.

Betrachtet man den Jahresgang der O_2 -Werte 1973 (vergl. Abb. 11), so erkennt man im Februar die einzige Übersättigung, die zwischen 103 - 107% lag. Sie war sicher auf das starke Frühjahrsmaximum des Phytoplanktons zurückzuführen (vergl. Kap. 3.2.2.). Sehr niedrige Sättigungswerte von 57 - 63% kamen im April vor. Zu dieser Zeit herrschte die größte Zooplanktondichte und dadurch die geringste Phytoplanktondichte. Ebenso waren recht niedrige Werte im Juni und Juli zu verzeichnen. Trotz eines relativ guten Algenwachstums machte sich hier die starke Durchwärmung des Wassers auf 22° C (vergl. Abb. 12) und die damit verbundene starke Zehrung durch die Intensität aller organischen Umsetzungen bemerkbar. Der niedrigste Jahreswert lag Ende Dezember bei 48% O_2 -Sättigung. Durch eine Eisbedeckung im Dezember war die Algendichte stark zurückgegangen und kaum Sauerstoff produziert worden. Außerdem lag eine starke Zehrung durch einen relativ hohen Gehalt an organischen Stoffen (vergl. Abb. 13) vor.

1974 lag die Sauerstoffsättigung allgemein höher. Die Ursache war eine dichtere und gleichmäßigere Phytoplanktonpopulation. Ende Februar, im September und Oktober traten geringfügige Übersättigungen auf, die besonders auf die Bacillariophyceen-maxima zurückzuführen waren (vergl. Abb. 21). Die Sauerstoffdefizitwerte zeigten sich während der Wintermonate Dezember 1974 und Januar 1975 weitaus geringer als im Vorjahr. Durch die relativ sehr warmen Luft- und Wassertemperaturen in diesen Monaten (vergl. Tab. 1 und Abb. 12) hatte sich das Phytoplankton besser entwickelt als im Winter 1973/74 und für eine stärkere Sauerstoffanreicherung im Wasser gesorgt.

Im Jahre 1975 fallen die ausgeprägten Übersättigungswerte von 106 - 154% im April, Juni und Juli auf. Auch im September und Anfang Oktober erkennt man eine geringe Übersättigung. Ein reichliches Nährstoffangebot (vergl. Abb. 7 und 9) förderte eine dichte Algenpopulation. Besonders die Wasserblüten an Cyanophyceen erzeugten durch ihre rege Assimilationstätigkeit tagsüber sehr viel Sauerstoff. Eine hohe Sauerstoffsättigung bzw. eine Übersättigung ist häufig ein Zeichen stark eutropher Gewässer. So fand UHLMANN (1967) im polytrophen Elsterstausee Werte von 155% O_2 -Sättigung. Die Sauerstoffübersättigung während des Tages kann jedoch von starken Sauerstoffdefiziten während der Nacht infolge der Dissimilation gefolgt sein. Hierzu können für den Rhein-Main-Donau-Kanal keine Angaben gemacht werden, da nächtliche Untersuchungen nicht durchgeführt wurden.

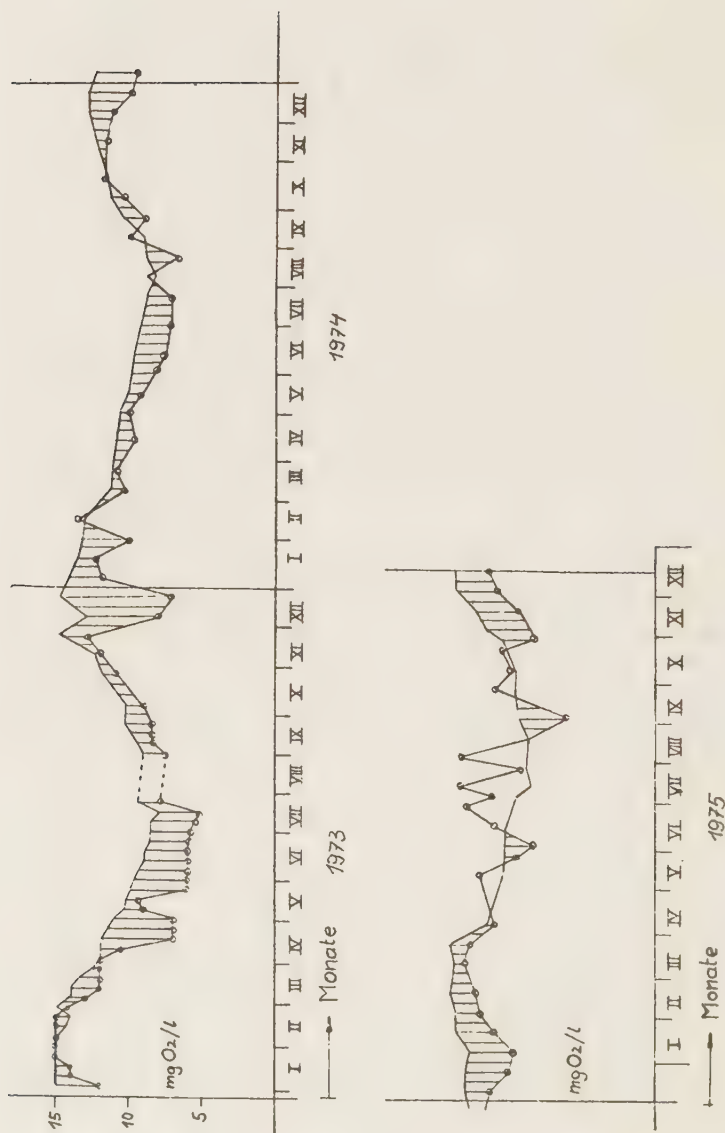


Abb. 11 Schwankungen des Sauerstoffgehalts im Hafen Nürnberg

O₂-Sättigung = 100% —
 aktueller O₂-Gehalt -o-o-o-o-o

	Monat	Tag	°C	Monat	Tag	°C	Monat	Tag	°C	Monat	Tag	°C
1973	Januar	2.1.	0 Eis	April	3.4.	7,0	Juli	3.7.	20,3	Oktober	2.10.	14,2
		9.1.	0 Eis		10.4.	7,0		10.7.	21,2			
		17.1.	0 Eis		16.4.	7,1						
		24.1.	0 Eis		25.4.	9,0		17.7.	23,5		14.10.	14,5
	Februar	30.1.	0 Eis	Mai	30.4.	10,5	August	30.7.	18,3	November	29.10.	8,5
		7.2.	0 tauend		8.5.	14,5		5.8.			13.11.	6,0
		13.2.	1,3		15.5.	14,6		13.8.				
		21.2.	2,7		22.5.	16,7		20.8.				
	März	27.2.	0	Juni	5.6.	18,3	September	29.8.		Dezember	28.11.	4,3
		6.3.	1,3		12.6.	19,2		10.9.	20,0		11.12.	0
		13.3.	1,5		19.6.	19,5		19.9.	18,3			
		20.3.	3,4		26.6.	20,0		25.9.	16,0		27.12.	0
		27.3.	6,0									
1974	Januar	8.1.	0,7	April	17.4.	11,6	Juli	2.7.	19,5	Oktober	14.10.	9,6
		22.1.	2,2		1.5.	12,0		22.7.	21,3		28.10.	8,5
		5.2.	2,5		13.5.	14,8		5.8.	24,3		11.11.	6,2
		20.2.	3,4					20.8.	20,5		27.11.	4,7
	März	11.3.	10,3	Juni	14.6.	16,5	September	2.9.	19,0	Dezember	10.12.	4,5
								16.9.	18,7		28.12.	5,3
		27.3.	10,3					20.9.	13,4			
	Januar	2.1.	5,5	April	2.4.	9,9	Juli	8.7.	23,0	Oktober	14.10.	16,1
		14.1.	2,9		18.4.	12,6		20.7.	21,4		21.10.	14,0
		27.1.	2,6		30.4.	15,0		30.7.	21,4		28.10.	9,3
								19.8.	22,0		10.11.	7,2
	Februar	13.2.	1,6	Mai	13.5.	14,9	August	19.8.	22,0	November	24.11.	2,5
		28.2.	2,4		28.5.	15,3		25.8.	19,2		8.12.	2,4
					10.6.	14,3						
					24.6.	15,9		16.9.	17,4			
	März	18.3.	1,9	Juni	30.6.	18,6	September	29.9.	17,8			

Tab. 4 Wassertemperaturen im Hafen Nürnberg

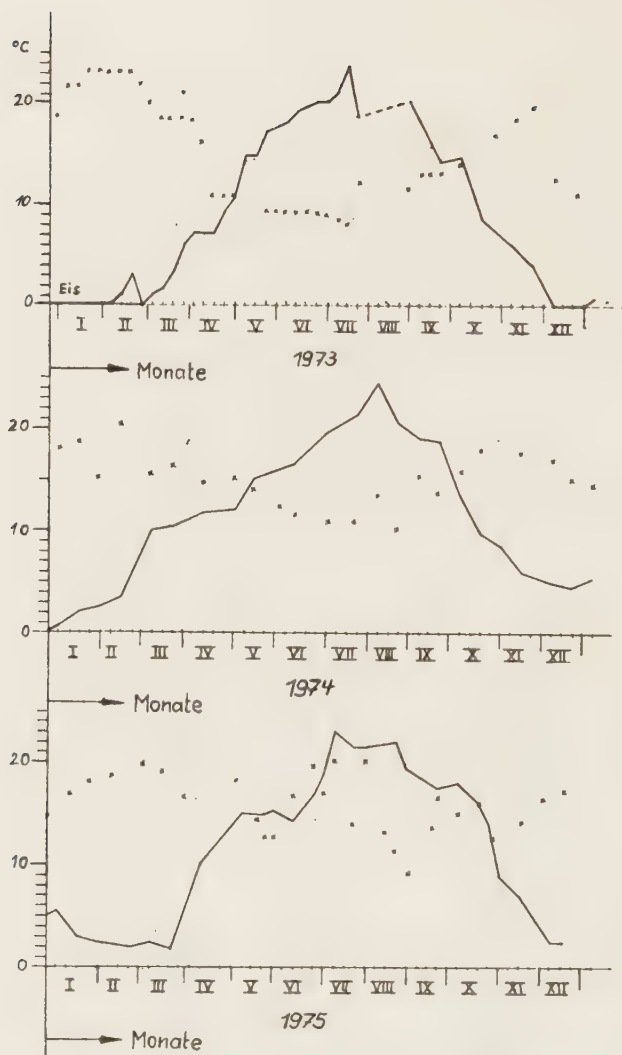


Abb. 12 Verlauf der Wassertemperatur im Hafen Nürnberg

Die zusätzlich eingezeichneten Meßpunkte geben den gleichzeitigen aktuellen Sauerstoffgehalt an.

3.1.2.5. Der Gesamtgehalt an organischer Substanz

Die Höhe des Permanganatverbrauchs bildet ein Maß für die Belastung mit organischem, allochthonem und autochthonem Material in einem Gewässer. Die Unterscheidung, welches von beiden überwiegt, ist im Nürnberger Hafen schwierig. Eine direkte Abwasserbelastung liegt nicht vor. Die Verladung von organischen und eiweißhaltigen Stoffen ist aber recht hoch (über 200 000 t im Jahr). Durch die Verluste beim Umladen könnten genügende Mengen an organischen Substanzen ins Wasser gelangen.

Eine hohe Planktondichte, wie sie im Hafen Nürnberg vorkommt, erzeugt aber gleichfalls organische Abbaustoffe.

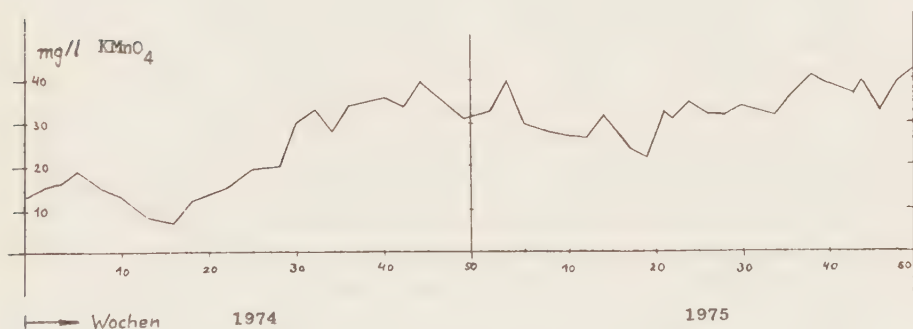


Abb. 13 Verlauf des KMnO_4 -Verbrauchs im Hafen Nürnberg

Der KMnO_4 -Verbrauch schwankte im Jahre 1974 zwischen 7 und 40 mg/l und 1975 zwischen 22 und 43 mg/l. Diese Werte sind für ein produktives Gewässer, wie dem Nürnberger Hafen, relativ niedrig. In der Größenordnung von 50 mg/l KMnO_4 -Verbrauch bewegen sich die Werte von kaum abwasserbeeinflussten Fischteichen (vergl. KLOSE 1961, STANGENBERG 1961). Selbst oligotrophe schwedische Seen weisen schon einen KMnO_4 -Verbrauch bis zu 38 mg/l, schwach eutrophe Seen bis 62 mg/l auf (vergl. THUNMARK 1945).

Da 1 mg/l KMnO_4 -Verbrauch 0,253 mg O_2 /l Zehrung entsprechen, lag der Sauerstoffbedarf im Nürnberger Hafen 1975 zwischen 5,6 und 10,9 mg O_2 -Zehrung. Diese O_2 -Zehrung des organischen Materials wird aber noch leicht von der O_2 -Produktion des Phytoplanktons kompensiert (der niedrigste Sättigungswert an Sauerstoff betrug 73 % = 6,6 mg/ O_2 , der höchste 154 % = 13,4 mg O_2).

3.1.2.6. Eisen- und Mangangehalt

Die Werte für Eisen und Mangan lagen häufig an der Nachweisgrenze von 0,05 mg/l und stiegen selten über 0,1 mg/l. 1973 waren die Höchstwerte im Oktober 0,3 und 0,7 mg Fe/l und 0,13 mg Mn/l. 1974 stieg der Eisen- und Mangangehalt nicht über 0,1 mg/l. Im Frühjahr 1975 waren einzelne Spitzen von 0,5 mg Fe/l zu verzeichnen. Allerdings ist in Oberflächengewässern häufig ein sehr niedriger Eisen- und Mangangehalt zu finden (vergl. SCHMID 1963, SCHWOERBEL 1971).

Im relativ basischen Wasser des Hafens (pH im Mittel bei 8,2) fallen Eisen und Mangan als Hydroxide aus, die stetig sedimentieren und sich so dem Nachweis entziehen. Trotzdem stellt Eisen in diesem Gewässer noch keinen Minimumstoff für das Algenwachstum dar. Für *Scenedesmus quadricauda* genügt eine Menge von 0,1 mg Fe/l für optimales Wachstum. Viele Algen sind in der Lage Eisen zu speichern, so daß sich ein Eisenmangel nur zögernd auf die Vermehrung auswirkt.

Chlorella fusca kann auch organisch komplex gebundenes Eisen aufnehmen (vergl. STENGEL 1970). Außerdem kann aus dem Hydroxidgel des Profundals bei Verbrauch in den oberen Wasserschichten Eisen als Hydroxidsol nachdiffundieren. Aus der hohen Phytoplanktondichte läßt sich jedenfalls auf eine genügende Versorgung mit Eisen schließen, zumal im geologischen Untergrund des Hafens ausreichend Eisen vorhanden ist (vergl. Brunnenuntersuchungen). Bei den Bestimmungen wurden nur Fe^{3+} -Ionen erfaßt. Fe^{2+} -Ionen dürften allerdings bei den vorliegenden pH-Werten keine Rolle spielen, so daß Fe^{3+} als Gesamteisen aufgefaßt werden kann.

3.1.2.7. Gesamthärte und Karbonathärte

Jahr	Gesamt- härte $^{\circ}\text{dH}$	Karbonat- härte $^{\circ}\text{dH}$	$\cong$	CaO mval/l	Sulfat- härte $^{\circ}\text{dH}$
1973	11 - 13	6,8 - 8,4	$\cong$	2,71 +	4,2 - 4,6
1974	10 - 13	5,6 - 8,4	$\cong$	2,50	4,4 - 4,6
1975	10 - 13	6,4 - 8,5	$\cong$	2,66	3,6 - 4,5

Tab. 5 Härtegrade im Hafen Nürnberg + im Mittel

Vergleicht man die Fakten miteinander, so ergibt sich ein recht einheitliches Bild innerhalb des Untersuchungszeitraumes. Der CaO-Gehalt liegt im Mittel bei 73,5 mg/l $\cong$ 2,62 mval/l, der Ca SO₄-Gehalt bei 105 mg/l. Diese Werte entsprechen einem "mittelharten" Gewässer (vergl. HÖLL 1970).

3.1.2.8. Der pH-Wert

Die gefundenen pH-Werte erstrecken sich über einen Bereich von 7,9 - 8,6. Die stärksten Änderungen des pH sind dabei meist auf die Assimilationstätigkeit des Planktons und die damit verbundene biogene Entkalkung zurückzuführen:



(vergl. RUTNER 1947, KÜHL und MANN 1953, SCHWOERBEL 1971, SEENAYA 1972, MÜLLER 1975). Neben tagesperiodischen Schwankungen (vergl. GLENK 1956) findet man auch einen jahresperiodischen pH-Wechsel (vergl. Abb. 14). Besonders im Frühjahr und im Herbst sind die pH-Schwankungen auf die Mengenänderungen des Planktons und der damit verbundenen Änderung der Assimilationsstärke zurückzuführen. Während der Sommermonate sind die Änderungen des pH durch die gleichmäßigere Wassertemperatur geringer.

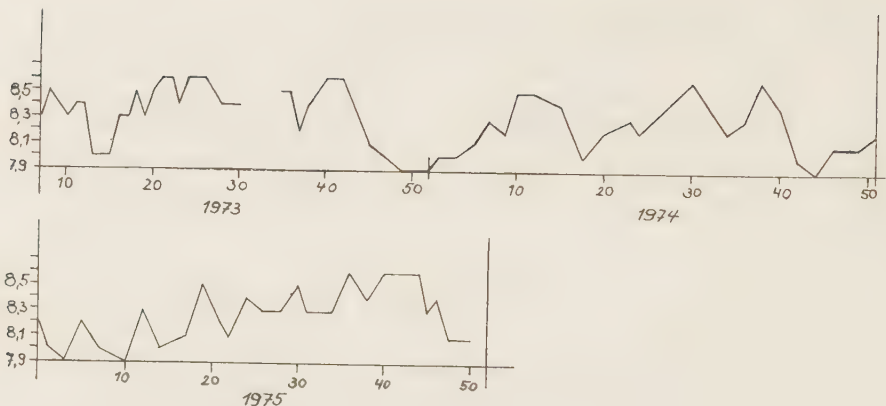


Abb. 14 Kurve der pH-Werte im Hafen Nürnberg

3.1.2.9. Der Chloridgehalt

Ein hoher Chloridgehalt findet sich vor allem in abwasserbelasteten Oberflächengewässern (vergl. MÜLLER 1975) und im Brackwasser, wenn man vom Meer absieht.

Der mittlere Chloridgehalt betrug im Nürnberger Hafen im Jahre 1973 59 mg/l, 1974 62 mg/l und 1975 63,1 mg/l.

Diese Werte lassen auf ein schwach verunreinigtes Gewässer schließen. Nach HÖLL (1970) kann man bei Binnengewässern mit 30 - 100 mgCl⁻/l eine Verunreinigung des Wassers durch Ausscheidungsstoffe annehmen, vorausgesetzt, daß gleichzeitig auch andere Verschmutzungsindikatoren (erhöhte Permanganatzahl, hohe Phosphat und Nitratwerte usw.) auftreten. Da der Permanganatwert jedoch relativ gering ist (vergl. Kap. 3.1.2.5.), liegt keine ausgesprochene Saprobität vor.

3.1.3. Die chemisch-physikalischen Daten des Europa- kanals im Bereich Nürnberg 1972/73

Die chemischen "Verhältnisse" in diesem Kanalstück zeigten gegenüber denen im Hafengebiet nur geringfügige Unterschiede.

Der Phosphatgehalt lag zwischen 0,9 und 2,3 mg/l etwas höher als im Hafen.

Nitratgehalt: zwischen 0,4 und 3,0 mg/l

Ammoniakgehalt: zwischen 0,6 und 1,2 mg/l

Silikatgehalt: zwischen 0,3 und 1,6 mg/l.

Eisen- und Mangangehalt: zwischen 0,05 und 0,2 mg/l.

Karbonathärte und Gesamthärte:

Gesamthärte zwischen 10 und 12°dH.

Karbonathärte zwischen 5° und 8° dH entsprechend einem CaO-Wert zwischen 50 und 80 mg/l.

pH-Wert: im Mittel um 8,3.

Chloridgehalt: zwischen 53 und 63, im Mittel also um 58 mg/l.
Die Durchschnittswerte sind in Abb. 22 eingetragen (vergl. Kap. 3.1.5.).

3.1.4. Die chemisch-physikalischen Daten im Kanalgebiet bei der Lände Forchheim

Allgemein lagen die gefundenen Werte für die chemischen Faktoren im Kanalstück bei Forchheim deutlich höher als im Hafen Nürnberg.

3.1.4.1. Der Phosphatgehalt

bewegte sich im Jahre 1974 zwischen 3,8 und 6,4 mg/l (im Mittel bei 4,65 mg/l) und 1975 zwischen 3,5 und 6,9 (im Mittel bei 5,3 mg/l). Damit zeigte sich deutlich eine Zunahme des mittleren Phosphatgehalts (vergl. Abb. 15). Diese hohen Phosphatmengen weisen eindeutig auf eine starke Abwasserbelastung hin, die vor allem aus der eingeleiteten Regnitz stammt, die mit kommunalen Abwässern verunreinigt ist. So hat die Regnitz kurz vor der Einleitung in den Europakanal vor Forchheim einen Phosphatgehalt, der zwischen 6 und 9,3 mg/l schwankt.

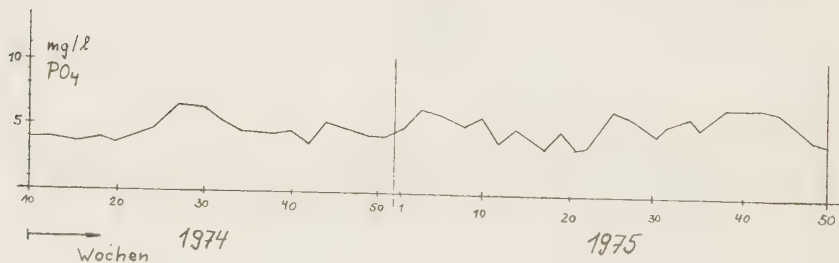


Abb. 15 Schwankungen des Phosphatgehalts im Kanal
bei Forchheim

3.1.4.2. Stickstoffgehalt

Ebenso wie Phosphat kommen Stickstoffverbindungen wie Nitrat, Nitrit und Ammonium in sehr hoher Konzentration vor. 1974 waren es im Durchschnitt $8,53 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$, $0,4 \text{ mg NO}_2^-/\text{l}$ und $6,5 \text{ mg NH}_4^+/\text{l}$. 1975 waren es $10,9 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$, $0,45 \text{ mg NO}_2^-/\text{l}$ und $5,06 \text{ mg NH}_4^+/\text{l}$.

Besonders der Nitritwert ist ungewöhnlich hoch für Oberflächengewässer. Da das Nitrit meist einer schnellen Umsetzung unterliegt, sind Gewässer mit hohen Nitritwerten (über $0,2 \text{ mg/l}$) sonst kaum zu finden. Bei Aquarienversuchen über die Selbstreinigung von Abwässern fand man allerdings oft hohe Nitritwerte (vergl. RÜHLE 1961, UHLMANN 1966). Der hohe Nitritgehalt läßt auf eine starke Abwasserbelastung und auf eine Störung der Selbstreinigung schließen.

Der größte Teil der Stickstoffverbindungen stammt mit Sicherheit aus der abwasserbelasteten Regnitz, die z.B. im September 1975 $16 - 24 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$, $0,2 \text{ mg NO}_2^-/\text{l}$ und $10 \text{ mg NH}_4^+/\text{l}$ enthielt.

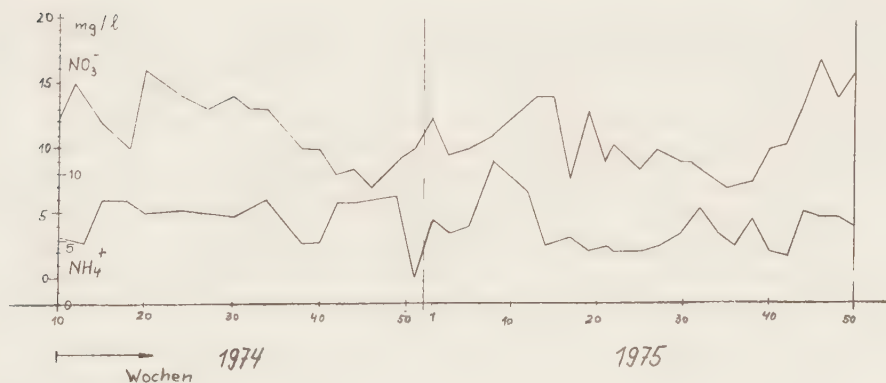


Abb. 16 Schwankungen des NO_3^- - und des NH_4^+ -Gehalts im Kanal bei Forchheim

3.1.4.3. Silikat, lösliche Kieselsäure

Der Kanal bei Forchheim führte 1974 zwischen 2,5 und 7,5 mg SiO_2/l . Im Jahre 1975 lag der Gehalt zwischen 3,5 und 10 mg/l. Dieser Silikatgehalt genügte für eine ausreichende Versorgung der Bacillariophyceen, die quantitativ die größte Algengruppe in diesem Gewässer darstellte (vergl. Kap. 3.2.2.).

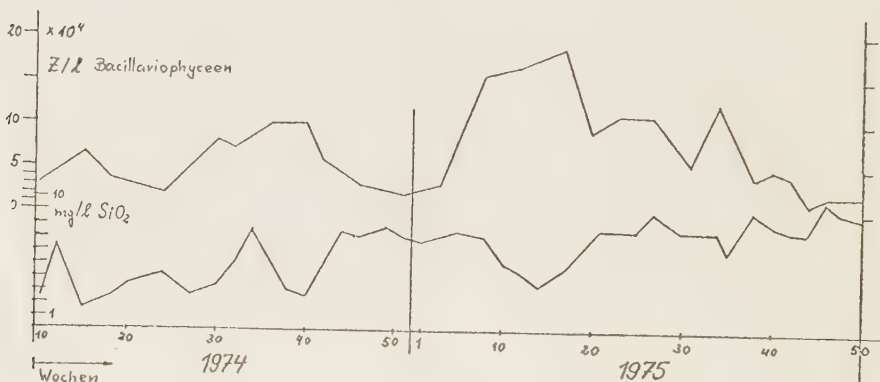


Abb. 17 Schwankungen des Silikatgehalts im Vergleich zur Gesamtzellzahl an Bacillariophyceen im Kanal bei Forchheim

Auffallend waren die starken Schwankungen im Jahre 1974, die mit dem Silikatverbrauch der Bacillariophyceen verknüpft waren (vergl. Abb. 17). Im Jahre 1975 ist der Kurvenverlauf ausgeglichener. Im Frühjahr 1975 fielen durch eine starke Vermehrung der Bacillariophyceen die Silikatwerte auf 3,5 mg/l. Während der Sommer- und Herbstmonate pendelten die Silikatsmengen zwischen 6 und 8 mg/l. Der Höchstwert von 10 mg/l war im Spätherbst zu verzeichnen.

3.1.4.4. Der Sauerstoffgehalt

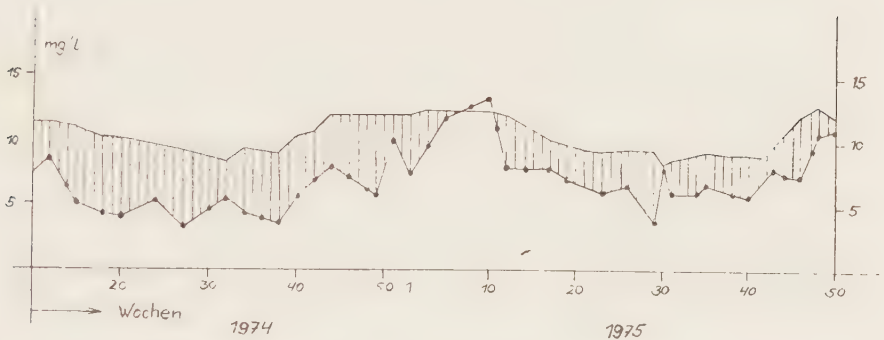


Abb. 18 Schwankungen des Sauerstoffgehalts im Kanal bei Forchheim

— O_2 -Sättigung = 100%
 -o-o-o- aktueller O_2 -Gehalt

Im Jahresverlauf zeigte sich ein starkes Defizit zwischen dem tatsächlichen Sauerstoffwert und der möglichen Sauerstoffsättigung. Der Sauerstoffgehalt lag zwischen 3,4 und 10,24 mg/l entsprechend einem prozentualen Gehalt zwischen 37,4% und 85%. Die allgemein recht niedrigen Sauerstoffwerte, die von April bis Anfang Oktober 5 mg/l kaum überschritten, waren auf die geringe Phytoplanktendichte und den hohen Detritusgehalt (vergl. Kap. 3.2.2.) zurückzuführen. Vereinzelt fiel im Juni und September der Sauerstoffgehalt auf 3,4 mg/l. Ein solch niedriges Sauerstoffangebot ist für viele Organismen bereits schädlich. So können viele Insektenlarven nicht mehr gedeihen, wenn längere Zeit der Sauerstoffdefizit 4 mg/l unter der möglichen Sauerstoffsättigung liegt. Aber auch für höhere Organismen des Nektons werden so geringe Sauerstoffwerte rasch lebensbedrohend.

Für Salmoniden (Lachsfische) dürfte in einem Gewässer im Mittel 75% der Sauerstoffsättigung, d.h. bei 20°C 7mgO₂/l nicht unterschritten werden (vergl. UHLMANN 1975). Für Karpfen liegt der noch tragbare Wert um 4 mgO₂/l. Da nachts durch die Dissimilation der Sauerstoffwert häufig auf Null zurückgeht, trieben in diesem Kanalteil im Sommer 1974 öfters tote Fische auf der Wasseroberfläche.

Im Frühjahr 1975 besserte sich die Situation. Im Februar war sogar die einzige O₂-Übersättigung während der beiden Untersuchungsjahre zu verzeichnen. Durch eine hohe Algenpopulation, besonders an Diatomeen, stieg der O₂-Gehalt auf 13,3 mg/l entsprechend einer O₂-Sättigung von 107 % bei 6° C Wassertemperatur. Allgemein sorgte eine höhere Dichte des Phytoplanktons für höhere O₂-Werte. Die prozentuale O₂-Sättigung schwankte (abgesehen von der oben besprochenen Übersättigung) zwischen 60 und 95 %.

3.1.4.5. Der KMnO₄-Verbrauch

Das Kanalwasser bei Forchheim zeigte einen KMnO₄-Verbrauch zwischen 16,4 und 37 mg/l im Jahre 1974.

1975 lag der Verbrauch zwischen 23,1 und 35,3 mg/l. Für ein abwasserbelastetes Gewässer ist dies ein relativ geringer Verbrauch, der hauptsächlich auf die geringe Phytoplanktondichte zurückzuführen war. Eine stärkere Belastung mit organischen Stoffen durch die Regnitz war nicht gegeben. Bei Untersuchungen der Regnitz im September 1975 ergab sich ein KMnO₄-Verbrauch zwischen 22 und 34 mg/l. Errechnet man den entsprechenden O₂-Bedarf für den Abbau der organischen Stoffe (bezogen auf den KMnO₄-Verbrauch 1975), so ergibt sich ein Wert zwischen 5,8 mg O₂/l und 8,9 mg O₂/l (vergl. LEITHE 1975). Dies führt in dem ohnehin relativ sauerstoffarmen Gewässer zu einem hohen Sauerstoffdefizit (vergl. Besprechung des O₂-Gehalts).

3.1.4.6. Der Eisen- und Mangangehalt

Die Werte für lösliches Eisen bewegten sich 1974 zwischen 0,1 und 0,5 mg/l, 1975 stiegen sie vereinzelt auf 0,7 mg/l an. Mangan kam nur in geringen Mengen vor, die zwischen 0,08 und 0,15 mg/l lagen.

3.1.4.7. Der Chloridgehalt

Der Chloridgehalt pendelte während des Untersuchungszeitraumes zwischen 52 mg/l und 68 mg/l. Es konnten sogar Tagesschwankungen bis zu einer Differenz von 10 mg/l zwischen den einzelnen Werten festgestellt werden. Diese sind typisch für verunreinigte Gewässer. Unbeeinflusste, reine Gewässer haben einen konstanten Chloridgehalt (vergl. HÖLL 1970).

3.1.4.8. Gesamthärte und Karbonathärte

Jahr	Gesamthärte (°dH)	Karbonathärte (°dH) = CaO (mval/l)	Sulfathärte (°dH)
1974	13° - 16°	9° - 11,4° = 3,64 +)	4,3° +)
1975	13,5° - 17°	9,5° - 12,9° = 4,0	4,05°

+) im Mittel

Die Werte der Gesamthärte entsprechen einem Gewässer in der Einstufung zwischen "mittelhart" und "hart". HÖLL (1970) bezeichnet Gewässer mit einer Härte von 12 - 18° als "ziemlich hart".

3.1.4.9. Der pH-Wert

Die ermittelten pH-Werte lagen zwischen 7,1 und 8,0.

3.1.5. Vergleichende Übersicht der chemischen Verhältnisse in den untersuchten Teilabschnitten des Europakanals

Zeit Ort	1973		1974		1975	
	Hafen	Kanal	Hafen	Forchheim	Hafen	Forchheim
PO_4^{3-}	1.30	1.50	1.45	4.65	2.47	5.30
NO_3^-	1.20	1.40	1.50	8.53	2.21	10.90
NO_2^-	0.125	0.10	0.125	0.40	0.20	0.45
NH_4^+	0.76	0.80	0.67	6.50	1.27	5.06
N ges.	0.97	0.97	0.90	7.09	1.70	6.53
SiO_2	0.86	0.90	0.60	4.80	1.95	7.50
Cl^-	63	59	63	51	64	53

Tab. 6 Chemische Daten (Mittelwerte)

An Hand der Tabelle kann man klar eine Zunahme der Eutrophierung verfolgen. Besonders von 1974 auf 1975 haben die Phosphat- und Nitratwerte erheblich zugenommen.

Nach HÖLL (1970) gelten folgende Werte für bereits verunreinigte Gewässer (Beginn von B-mesosaprob):

PO_4^{3-}	über 0,3 mg/l
NO_3^-	über 10 mg/l
NO_2^-	zwischen 0,2 - 2 mg/l (neben erhöhtem Gehalt an NO_3 , NH_4 , PO_4)
Cl^-	über 30 mg/l (mit starken Schwankungen des aktuellen Gehalts im Gewässer)

UHLMANN (1967) gibt für saprotrophe Gewässer folgende Werte:

PO_4^{3-}	zwischen 0.06	und	1.47 mg/l
NO_3^-	zwischen 0.20	und	3.67 mg/l
NO_2^-	zwischen 0.025	und	0.45 mg/l
NH_4^+	zwischen 1.50	und	20.50 mg/l

Nach den Vergleichswerten von HÖLL ist der Europakanal insgesamt der B-mesosaproben Wassergüte zuzuordnen, wobei der Nitratgehalt im Nürnberger Hafen allerdings weit unter der geforderten Menge liegt.

Der Vergleich mit saprotrophen Gewässern läßt sich, bis zu einem gewissen Grad, bei dem abwasserbelasteten Teilstück bei Forchheim anstellen. Hier zeigt sich, daß vor allem die Nitrat- und Phosphatmengen deutlich größer sind als in den Gewässern, die UHLMANN untersucht hat.

Auffallend war, im Vergleich mit vielen anderen Literaturangaben, daß besonders die Phosphatanteile im Hafen Nürnberg und im Europakanal sehr hoch sind (vergl. Kap. 3.1.2.1.). Bereits die sehr niedrige Konzentration an $0,001 \text{ mg PO}_4/\text{l}$ reicht aus, um das Wachstum von 15 000 000 Zellen/l der planktischen Diatomee *Asterionella* zu ermöglichen (LUND 1966). Bei einem Gehalt von $0,05 \text{ PO}_4 \text{ mg/l}$ sind bereits ausdauernde Massenentwicklungen des Phytoplanktons zu erwarten (LUND 1970), so daß bei einer Menge von $2,47 \text{ mg PO}_4/\text{l}$ keine Begrenzung des Wachstums durch den Phosphatgehalt gegeben ist. Allerdings müssen auch die anderen Nährstoffe in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Eine Massenproduktion an Algen ist in Gewässern um so eher gegeben, je mehr das atomare Gleichgewichtsverhältnis der Nährstoffe der Zusammensetzung einer Algenbiomasse ($\text{C}_{106} \text{ H}_{180} \text{ O}_{45} \text{ N}_{16} \text{ P}_1$) angeglichen ist (UHLMANN 1975).

Nach dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren (BAULE und MITSCHERLICH, siehe UHLMANN und ALBRECHT 1968), könnte man berechnen, inwieweit die Nährstoffverhältnisse von einer "idealen" Nährlösung entfernt sind.

$$Y = Y_m \cdot (1 - e^{-x_c}) \cdot (1 - e^{-x_n}) \cdot (1 - e^{-x_p})$$

Y_m ist der Biomassenertrag einer idealen Nährlösung, x_c , x_n , x_p die relative Konzentration der Nährstoffe an anorg. Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor.

Die Darstellung vereinfacht sich, wenn man e durch 2 ersetzt (vergl. VERDIUN 1964).

Y_m erhält den höchstmöglichen Wert 1 und der am reichlichsten vorhandene Nährstoff den exponentiellen numerischen Wert (= Faktorintensität) $x = 7$, da
 $(1 - 2^7) = 0.99$

Im Nürnberger Hafen beträgt der Mittelwert für
 $C = 24 \text{ mg/l}$ errechnet als Mittelwert aus dem CO_2 -Gehalt (1975)
 $N = 1,7 \text{ mg/l}$ errechnet aus dem Gesamtstickstoffgehalt (1975)
 $P = 0,7 \text{ mg/l}$ errechnet als Mittelwert aus dem PO_4 -Gehalt (1975)

Für das atomare Verhältnis ergibt sich :

$\text{C}_{89} \text{N}_5 \text{P}_1$, das ideale Verhältnis wäre $\text{C}_{106} \text{N}_{16} \text{P}_1$ (Biomasse).

Mit der Annahme, daß Phosphat in ausreichender Menge vorhanden ist, ergibt sich für die Exponenten:

$$x_c = \frac{89}{106} \cdot 7 = 5,87 \quad x_n = \frac{5}{16} \cdot 7 = 2,19$$

daraus folgt: $Y = Y_m \cdot (1 - 2^{-5,87}) \cdot (1 - 2^{-2,19}) \cdot (1 - 2^{-7})$

$$Y = Y_m \cdot 0,767$$

Aufgrund des Phosphatgehalts können somit 76,7 % der theoretisch möglichen Biomassenproduktion erreicht werden.

Eine Einstufung des Nürnberger Hafens - und des Europakanals - als stark eutrophes Gewässer erscheint somit gerechtfertigt.

3.2. Planktonaspekte

3.2.1. Planktonaspekte im Hafen Nürnberg

3.2.1.1. Herbst- und Winteraspekt 1972/73

Im Oktober und November 1972 zeigten sich noch die Chlorophyceen vorherrschend. Die dominierende Art war *Pediastrum duplex* (zusammen mit anderen species, z.B. *Pediastrum boryanum* und *Pediastrum tetras*). Daneben waren noch häufig *Coelastrum microporum*, *Oocystis marsonii* und *Scenedesmus quadricauda* sowie andere species der Gattung *Scenedesmus* zu finden. An Conjugatophyceen waren *Cosmarium obtusatum* und *Staurostrum paradoxum*, an Cyanophyceen *Microcystis flos-aquae*, *Anabena spec.* und *Oscillatoria spec.* vertreten. An Bacillariophyceen kamen vereinzelt *Synedra acus* und *Fragillaria capucina* vor. Ende November nahm die Gesamtzellzahl auf 5×10^5 Z/l ab (vergl. Abb 19), einmal bedingt durch die Abkühlung des Wassers auf $4,5^\circ\text{C}$ und zum anderen dezimiert durch ein Herbstmaximum an Zooplanktern. Zu diesem Zeitpunkt war auch ein sehr niedriger Bestand von 20 Arten zu verzeichnen (vergl. Tab. 7). Der Herbst wies somit einen typischen Chlorococcalespekt auf. Ein zu erwartendes Bacillariophyceenmaximum war ausgeblieben.

Als Übergang zum Winteraspekt dürfte das Vorkommen von Cryptomonasarten zu werten sein (*Cryptomonas curvata* und *Cryptomonas erosa*), die Anfang Dezember bereits in mäßig häufiger Abundanz ($2,9 \times 10^5$ Z/l) vorkamen und später im Februar $5,03 \times 10^5$ Z/l erreichten. Ende Dezember bildete sich in der Oberbecke eine Eiskecke. Begünstigt durch eine kalte Witterung (vergl. Tab. 4) erreichte sie im Januar rasch eine Stärke von 8-12 cm. Die niedrigen Lichtintensitäten auf Grund der Lichtbedeckung begünstigten die Entwicklung oligophotischer und euryphotischer Arten. *Asterionella formosa* wurde zur dominierenden Massenform. Die Populationsdichte dieser Bacillariophycee erreichte unter dem Eis ihren Höchststand mit 48×10^5 Kolonien pro Liter. Außerdem kam *Fragillaria capucina* stärker auf, die in ihrem Vorkommen meist das gleiche Verhalten wie *Asterionella* zeigte. Die Gesamtmenge an Bacillariophyceen unter dem Eis wurde mit 58×10^5 Zellen oder Kolonien im Liter gezählt.

Obwohl viele planktische Bacillariophyceen sich mit sehr geringen Lichtmengen begnügen (vergl. LANDINGHAM 1964) und eine Eiskecke ihre Entwicklung kaum stört, ist diese hohe Algendichte ungewöhnlich. Der Trophiezustand des Pelagials nimmt im Winter unter dem Eis

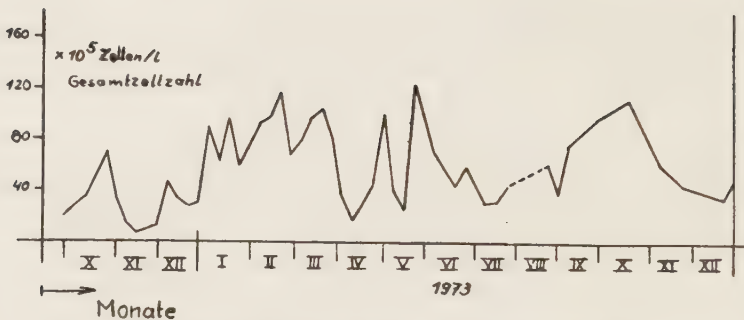


Abb. 19 Gesamtzellzahl des Phytoplanktons im
Hafen Nürnberg 1972 und 1973

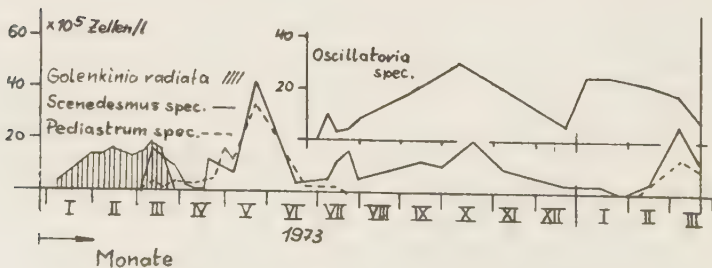
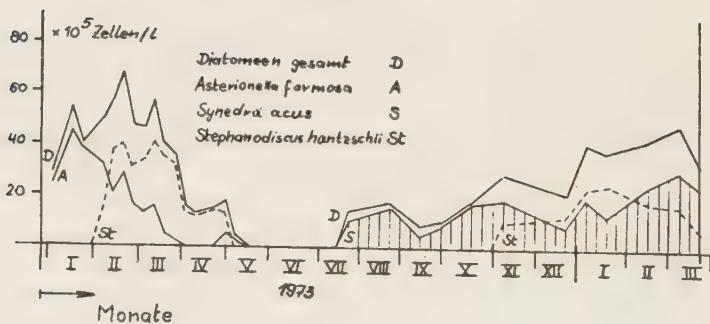


Abb. 20 Zählwerte häufig vorkommender Algen im
Hafen Nürnberg 1973

ständig ab. Die winterliche inverse Schichtung schafft allmählich eine tropholytische Zone mit ständig sich verringerndem Nährstoffgehalt (vergl. RUTTNER 1940). Dies bedeutet, daß normalerweise in Flachgewässern eine Verarmung an Plankton eintritt. Eine explosive Massenentfaltung kaltstenothermer Arten erfolgt meist erst nach dem Eisbruch (vergl. GLENK 1954, REYNOLDS 1973). Nach Versuchen von GRIM (1950) und JÄRNEFELT (1955) beträgt die Verlustgröße für Bacillariophyceen durch das Absinken der Zellen zwischen 2-20% pro Tag, so daß sich die Gesamtmenge der Algen pro Flächeneinheit in acht Tagen erneuern muß. Diese Versuche unterstreichen die ungewöhnliche Vermehrungsrate der Bacillariophyceenkolonien von Asterionella.

Für das Winterplankton typisch war außerdem das Auftreten von *Peridinium aciculiferum* (vergl. GLENK 1954) von Januar bis März 1973 mit einer Höchstzellzahl von $4,1 \times 10^5$ Z/l. Daneben war im Winterplankton immer wieder *Planktosphaeria gelatinosa* zu finden. Erst Anfang Februar zeigte sich ein starker Rückgang der Algenpopulation. Der Eisbruch Mitte des Monats führte aber sofort wieder zu einem erneuten Anstieg der Phytoplanktonmenge (vergl. Abb. 19). Gegen Ende Februar fiel das Thermometer nochmals auf Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Dieser Kälteeinbruch stoppte aber nur kurzfristig die Entwicklung des Planktons. Der Winteraspekt war somit gekennzeichnet durch ein Bacillariophyceenmaximum von *Asterionella* und *Fragillaria* und durch einige häufige Winterformen wie *Cryptomonas spec.* und *Peridinium aciculiferum*.

3.2.1.2. Frühjahrsaspekt 1973

Der Frühjahrsaspekt begann mit einer explosiven Entwicklung von *Stephanodiscus hantzschii*, die kurz nach dem Eisbruch begann und Ende März mit $40,5 \times 10^5$ Zellen oder kurzen Ketten pro Liter am stärksten war. Ende April war diese Bacillariophyceenart bereits wieder vollständig verschwunden (vergl. Abb. 20). Neben *Stephanodiscus* trat noch die Chlorophyceen *Colenkinia radiata* in größerer Anzahl auf. Das stärkste Vorkommen dieser Alge wurde am 20.3.1973 mit 19×10^5 Z/l bestimmt. Außerdem entfaltete sich allmählich der Artenreichtum der Chlorophyceen, von denen besonders *Pediastrum duplex*, *Pediastrum boryanum* und *Monoraphidium minutum* am zahlreichsten hervortraten.

Im April zeigte sich noch *Eudorina elegans* häufiger. An Conjugatophyceen waren *Staurastrum gracile* und *Closterium diana*, an Euglenophyceen *Phacus tortus* und *Euglena proxima* zu finden. *Synura uvella* war der einzige Vertreter der Chrysophyceen im Frühjahrsplankton. Die Gesamtanzahl der Algen nahm bis Ende März rasch auf 90×10^5 Z/l zu. Anfang bis Mitte April war ein starker Rückgang der Phytoplanktonmenge zu verzeichnen (vergl. Abb. 19), der auf das expansive Anwachsen der Zooplanktonzahl zurückgeführt werden konnte. Die hauptsächlichsten Formen waren *Dosmina longirostris*, *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis* und *Polyarthra*-, *Brachionus*- und *Cyclops*-Arten.

Der plötzliche Rückgang der Phytoplanktonzahl im April ist eine typische Erscheinung in den meisten Flachgewässern. Schon WEIMANN (1939) stellte bei der Untersuchung schlesischer Karpfenteiche fest, daß sich Mitte April durchwegs der "Klarwasserzustand" einstellte. Dies hat generell seine Ursache in dem ersten Jahresmaximum des Zooplanktons ("grazing effect") (vergl. SCHMID 1963, 1965, UHLMANN 1966, POTT, J. 1974/75).

3.2.1.3. Sommeraspekt 1973

Der Sommeraspekt war in diesem Untersuchungsjahr bereits im Mai anzusetzen. Durch die rapide Erwärmung des Wassers im Monat Mai (vergl. Abb. 12) kam es zu einem deutlichen Wechsel in der Zusammensetzung des Phytoplanktons. *Pediastrum duplex* war in diesem Monat mit 34×10^5 Z/l die vorherrschende Art. Die Gesamtmenge dieser Form nahm allerdings bis Juli beständig ab. Die Gattung *Scenedesmus* zeigte ebenfalls eine sehr starke quantitative und qualitative Entfaltung mit insgesamt 42×10^5 Z/l im Mai 1973. Neben der Hauptform *Scenedesmus quadricauda* waren noch *Sc. obliquus*, *Sc. acuminatus*, *Sc. disciformis* et var. *seriatus* und *Sc. bijugatus* vertreten. Insgesamt hatten die Chlorophyceen mit 30 Arten den Hauptanteil des Sommerplanktons (im einzelnen sind die Arten den Planktonlisten Kap. 3.2.4. zu entnehmen, vergl. auch Abb. 22). Auch bei den planktischen Kieselalgen war ein Wechsel zu verzeichnen. Die Hauptform wurde im Sommer *Synedra acus* mit einer relativ gleichmäßigen Abundanz zwischen 10 und 15×10^5 Z/l (vergl. Abb. 20). Die sommerlichen Cyanophyceenformen waren vor allem *Gomphosphaeria naegelianii*, *Oscillatoria limnetica* und *Microcystis flos-aquae*. Außerdem fanden sich in dieser Jahreszeit ständig *Cosmarium*-Arten (wie *C. obtusatum*, *C. formosulum* und *C. pygmaeum*) und die Eukaryoten *Trachelomonas hispida* im Plankton.

2.1.4. Herbstaspekt 1973

Anfang September ergab sich bei den Chlorococcalen ein Wandel. Die *Pediastrum*-Arten waren nur noch sporadisch vertreten. Neben der hohen Gesamtzahl ($10,7 \times 10^5$ Z/l) und der Vielfalt der *Coelastrum*-Arten zeigte sich besonders *Tetraedron minimum* mit 34×10^5 Z/l und im geringeren Maße *Coelastrum microporum* mit $3,7 \times 10^5$ Z/l als die häufigsten Vertreter dieser Algengruppe. Im ersten Mal fand man gleichzeitig mehrere Xanthophyceen, wie *Coelastrum hastatum* (siehe auch Abb. 29), *Goniochloris* *sp.* und *Goniochloris torta*.

Ende Oktober erreichte die Planktonvegetation mit 113×10^5 Individuen im Liter einen Höhepunkt. *Synedra acus* (17×10^5 Z/l) vergesellschaftet mit *Oscillatoria*-Arten (gesamt $30,8 \times 10^5$ Z/l), zeigte bei bereits niedrigen Wassertemperaturen (vergl. Abb. 12) ein deutliches Herbstmaximum (vergl. Abb. 20). Auch die Gesamtzellzahl von *Scenedesmus* ($20,3 \times 10^5$ Z/l) und *Tetraedron* (36×10^5 Z/l) hatten zu diesem Zeitpunkt nochmals einen Aufschwung in ihrer Entwicklung, die bereits zwei Wochen später stark abklang. Die Abkühlung des Pelagials im Oktober und eine damit verbundene stärkere Wasserzirkulation, hatte für neue Nährstoffzufuhr aus dem Benthion gesorgt und so eine höhere Vermehrungsrate des Phytoplanktons anregt. Durch die weiterhin sinkenden Temperaturen verringerte sich allerdings die Gesamtzellzahl der Algenpopulation auf $44,3 \times 10^5$ Z/l und die Gesamtartenzahl von 51 im Oktober auf 35 Taxa im November (vergl. Tab 7).

3.2.1.5. Winteraspekt 1973

Ein Kälteeinbruch Ende November/Anfang Dezember führte zur Bildung einer dünnen Eiskecke. Die dadurch verschlechterten Lichtverhältnisse und die winterliche inverse Schichtung mit ihrer Nährstoffabnahme riefen eine deutliche Verringerung der Algenmenge hervor. Die bestehende Artenzusammensetzung änderte sich nicht wesentlich. Im Januar ergab sich dagegen, bedingt durch das sehr warme Wetter (die Tagestemperaturen lagen im Monatsmittel um $4,5^\circ \text{C}$ höher als im langjährigen Mittel; vergl. Tab. 1 und Kap. 1.5.), ein Maximum von *Synedra acus* mit $18,6 \times 10^5$ Z/l und *Oscillatoria*-Arten (*O. limnetica* und *O. aghardii*) mit $25,3 \times 10^5$ Coenobien/l. Ebenso lag das stärkste Aufkommen von *Stephanodiscus hantzschii* mit $18,5 \times 10^5$ Z/l Mitte Januar. Neben diesen Arten waren typische Winterformen wie *Peridinium aciculiferum*, *Pallomonas akrokomos*, *Mallomonas tonsurata* und *Cryptomonas curvata* zu finden.

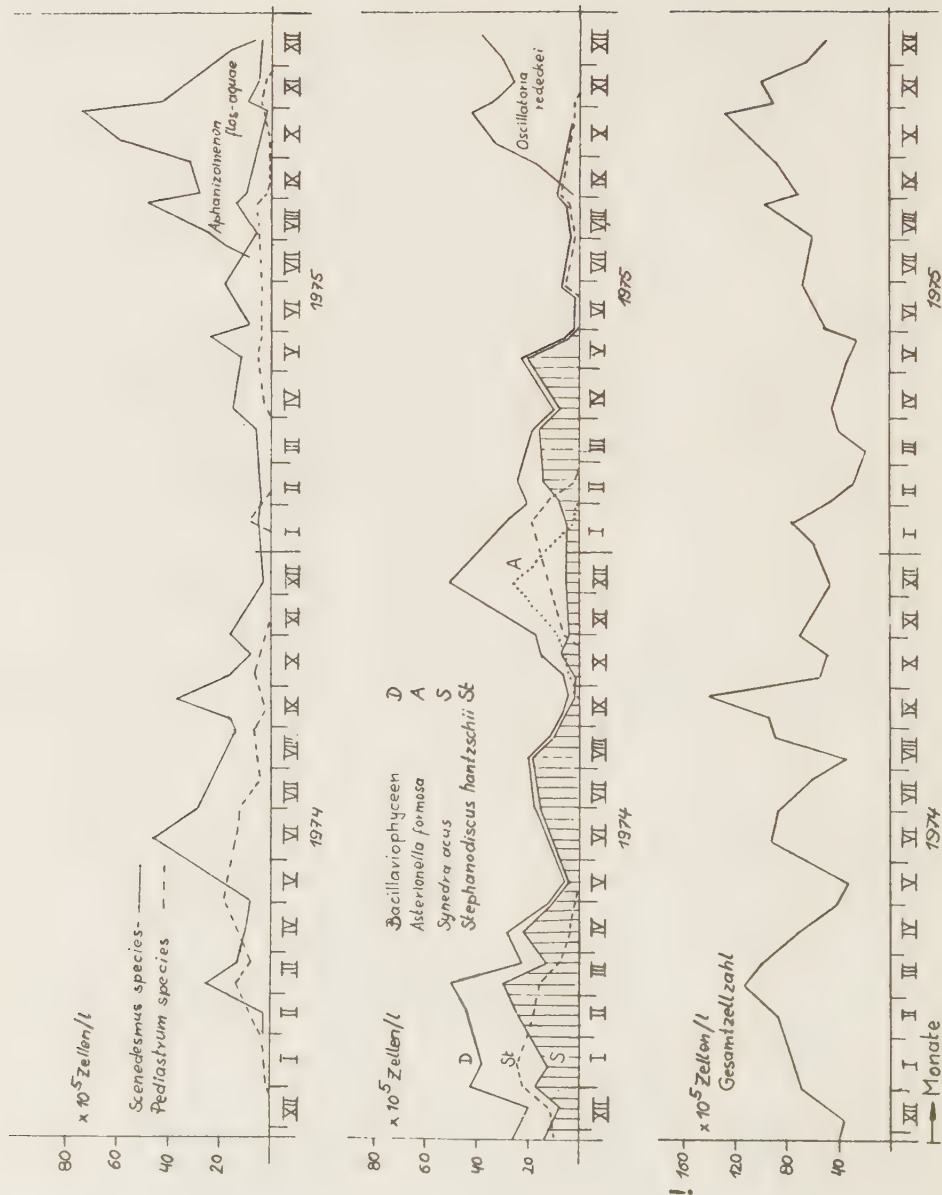


Abb. 21 Zählwerte häufig vorkommender Algen und Gesamtzellzahl des Phytoplanktons im Hafen Nürnberg

3.2.1.6. Veränderungen im zweiten und dritten Untersuchungsjahr

Im Jahre 1974 ergaben sich nur geringfügige Änderungen im jährlichen Aspektwechsel. Die Kurve der Gesamtzellzahl zeigte einen ähnlichen periodischen Verlauf wie 1973 (vergl. Abb. 20 und 21) mit einer typischen Dreigipfligkeit im Frühjahr, im Sommer und im Herbst. Die Veränderungen lagen meist in der verschiedenen Zellzahl der Arten und weniger in der Artenzusammensetzung. Die augenfälligste Veränderung war besonders bei zwei Arten zu bemerken. Einmal kam *Synedra acus* 1974 ganzjährig im Plankton vor, während es 1973 nur von Juni bis Dezember auftrat. Zum anderen war *Golenkinia radiata* in größerer Anzahl nur im Frühjahr 1973 zu finden gewesen. Daneben zeigten die *Cosmarium*-Arten besonders im Herbst 1974 ein zahlreicheres Vorkommen mit 19×10^5 Z/l als im Vorjahr. Der Hauptanteil der Gesamtzahl fiel davon auf die besonders kleine Art *Cosmarium pygmaeum* mit $9,6 \times 10^5$ Z/l. Ebenfalls häufiger als im Vorjahr waren zum gleichen Zeitpunkt die *Crucigenia*-Arten (vor allem *Crucigenia quadrata*) mit $10,4 \times 10^5$ Z/l. Auch die Gattung *Scenedesmus* war von Juni bis September stärker vertreten als im Jahre 1973 (vergl. Abb. 20 und 21).

Im Jahre 1975 waren größere Veränderungen zu verzeichnen. Bei den Blaualgen trat *Oscillatoria redekei* (siehe dazu Abb. 53), die 1974 meist nur selten im Plankton zu finden war, ganzjährig und häufig auf. Besonders von September bis Dezember 1975 erreichte sie hohe Abundanzwerte. Die größte Anzahl dieser Blaualgenfäden wurde am 20.10.1975 mit 42×10^5 Fäden/l gezählt. Typisch für den Sommer und Herbst war eine Wasserblüte von *Aphanizomenon flos-aquae* (vergl. hierzu auch Kap. 3.2.6.), einer Cyanophyceenart, die bisher im Hafengebiet nicht zu sehen war. Der Beginn der Entwicklung war im Juni 1975 und führte von $24,3 \times 10^5$ Fäden/l Ende Juni bis zum höchsten Stand von $79,5 \times 10^5$ Fäden/l Ende Oktober. Aber auch Anfang Dezember konnten noch $16,3$ Fäden im Liter gezählt werden (vergl. Abb. 21). Diese Wasserblüte an Blaualgen wurde besonders durch die sehr warme und niederschlagsarme Witterung von August bis Anfang Oktober gefördert (vergl. Tab. 1 und Abb. 12). Auch die zunehmende Eutrophierung (vergl. Kap. 3.1.5.) dürfte wesentlich

dazu beigetragen haben. Der Sommer 1975 überraschte weiterhin mit neuen Formen. Die Gattung *Pediastrum* wurde um eine seltene Art bereichert: *Pediastrum simplex*. Seit 1867 (REINSCH) ist diese Alge in Franken nicht mehr gefunden worden. Unter den Conjugatophyceen wurde *Staurastrum aciculiferum* (vergl. hierzu auch Kap. 3.2.6.) erstmals im Juni 1975 bestimmt. Im Oktober zeigte sie das stärkste Vorkommen mit $1,3 \times 10^5$ Z/l und Ende November war sie wieder aus dem Plankton verschwunden. Neu im Euglenophyceenaspekt war *Lepocinclis ovum*, das spärlich von Mai bis November im Hafengebiet zu finden war.

3.2.1.7. Artendiversität

Das Phytoplankton des Nürnberger Hafens war mit 151 Arten qualitativ gut entwickelt. Die nachstehende Aufstellung gibt die Gesamtartenzahl der einzelnen Klassen wieder.

Cyanophyceae	19
Chrysophyceae	6
Xanthophyceae	5
Bacillariophyceae	17
Chlorophyceae	68
Conjugatophyceae	14
Dinophyceae	6
Euglenophyceae	11
Cryptophyceae	5
gesamt	151

In Abb. 22 sind die monatlichen prozentualen Zusammensetzungen des Phytoplanktons aufgetragen. Die Chlorophyceen stellten im Durchschnitt 50 % der gesamten monatlich vorkommenden Arten. Der niedrige Anteil im März 1973 war auf einen hohen Artenreichtum an Bacillariophyceen (Diatomeen) zurückzuführen, wodurch das prozentuale Gleichgewicht verschoben wurde. Da im Artenspektrum auch benthische Formen mitgezählt wurden, ergab sich in diesem Monat besonders durch Nitzschia- und Navicula-species eine Überbewertung der Diatomeen.

Die beiden niedrigen Prozentsätze im August und September 1975 wurden durch den Formenreichtum der Cyanophyceen in diesen Monaten verursacht. Es waren 8 Arten gegenüber 18 (im August) bzw. 12 (im September) Chlorophyceenformen. Von Dezember 1972 bis März 1973 wurden keine Cyanophyceen gefunden. Die niedrigen Wassertemperaturen und die starke Eisbedeckung im Winter 1972/73 ließen die häufig polyphotischen und polythermen Cyanophyceen nicht gedeihen.

Während des übrigen Untersuchungszeitraumes zählten die Cyanophyceen zu den ständigen Vertretern im Phytoplankton.

Mit zu den artenreichsten Gruppen gehörten auch die Bacillariophyceen. Sie waren ganzjährig im Algenspektrum zu finden. Hohe prozentuale Artenbestände kamen meist im Frühjahr und Herbst vor. In diesen Jahreszeiten stand durch Regenerierungsvorgänge genügend lösliches Silikat für das Wachstum zur Verfügung.

Die Conjugatophyceen zeigten sich, wenn auch in geringer Artenzahl, das ganze Jahr über im Plankton.

Die gefundenen Chrysophyceenarten sind meist typische Winter- und Frühjahrsformen. Ihr Vorkommen war daher auf diese Jahreszeiten beschränkt.

Bei den Dinophyceen läßt sich kaum eine jahreszeitliche Periodizität aufzeigen. Die gefundenen Arten haben unterschiedliche ökologische Ansprüche, so daß die einzelnen Formen in verschiedenen Monaten auftreten.

Die Euglenophyceen bilden nur einen geringen Prozentsatz in der Artenzusammensetzung. 1975 sind sie mit 3 bis 4 Arten ganzjährig vertreten. Während der vorhergehenden Jahre fehlten sie in verschiedenen Monaten.

Im Winter 1972/73 ergab sich bei den Cryptophyceen ein relativ hoher Prozentanteil am Plankton. Durch das Fehlen von Cyanophyceen und Xanthophyceen kam es zu einer Überbewertung der relativ geringen Artenzahl.



Abb. 22 Monatliche prozentuale Zusammensetzung des Phytoplanktons
im Hafen Nürnberg

Jahr	Monat	AZ ⁴⁾	Bemerkungen	56
1972	September	24		
	Oktober	23		
	November	20	Herbstmaximum des Zooplanktons	
	Dezember	22	Eisbedeckung	
1973	Januar	20	Eisbedeckung	
	Februar	18		
	März	24	zahlreiches Zooplankton	
	April	26	Jahresmaximum des Zooplanktons	
	Mai	26		
	Juni	41		
	Juli	41		
	August			
	September	37		
	Oktober	51		
	November	35		
	Dezember	39	kein Eis	
	Januar	31	kein Eis, relativ warme Temperaturen	
	Februar	31		
	März	34		
	April	31	jährliches Maximum der Zooplanktonanzahl	
1974	Mai	29		
	Juni	32		
	Juli	36		
	August	40		
	September	50		
	Oktober	32	gut entwickelte Zooplanktonpopulation	
	November	40		
	Dezember	21	zahlreiche Zooplankter	
	Januar	40		
	Februar	34		
	März	33	zahlreiche und artenreiche Zooplanktonentwicklung	
	April	54		
1975	Mai	50		
	Juni	60		
	Juli	65	Beginn der starken Entwicklung von Aphanizomenon flos aquae	
	August	49		
	September	34	Wasserblüte von Aphanizomenon flos aquae	
	Oktober	32	stärkstes Vorkommen von Aphanizomenon	
	November	25	gleichzeitig hohe Zählwerte von Oscillatoria	
	Dezember	15	starkes Vorkommen von Oscillatoria redeckeii	

Tab. 7 Monatliche Gesamtartenzahl im Hafen Nürnberg

⁴⁾ AZ = Gesamtartenzahl

3.2.2. Planktonaspekte im Europakanal im Bereich Nürnberg von September 1972 bis Juli 1973 im Vergleich zum Nürberger Hafen.

3.2.2.1. Herbst- und Winteraspekt 1972/73

Anfang September unterschied sich die Planktonzusammensetzung des Kanals von der im Hafen Nürnberg besonders durch zwei Arten. Einmal *Synedra acus* und zum anderen *Oscillatoria aghardii*, die beide in größerer Anzahl vorkamen. Im Hafen findet man diese Kombination erst im Herbst 1973. Beide Arten bildeten im Oktober und November ein Herbstmaximum, das sich in Abbildung 23 deutlich widerspiegelt. Diese Abbildung zeigt an Stelle der Zählwerte die mittlere Konzentration an Chlorophyll a als Maß der vorhandenen Biomasse. Die Gesamtbiomasse war von September bis Oktober meist höher als im Hafengebiet. Die übrige Algenpopulation bestand im wesentlichen aus den selben Arten, die auch im Hafen vorkamen und war meist nur in der Mengenverteilung verschieden. Besonders im Dezember waren durch die allgemein geringe Anzahl an Phytoplankton kaum Unterschiede in der Artenzusammensetzung zu erkennen. Anfang Januar wich *Synedra acus* einem starken Aufkommen von *Asterionella formosa* und *Fragillaria capucina*. Durch das gleichzeitige Anwachsen der *Cryptomonaden*anzahl glich nun die Zusammensetzung des Phytoplanktons völlig der im Hafen.

3.2.2.2. Frühjahrsaspekt 1973

Die Hauptform des Frühjahrplanktons war - wie im Hafen - *Stephanodiscus hantzschii* mit einer enormen Entfaltung von Januar bis März. Der besonders hohe Peak in Abbildung 23 Anfang März ist fast ausschließlich auf das sehr zahlreiche Vorkommen von *Stephanodiscus* zurückzuführen. Der Zählwert von $62,7 \times 10^5$ Z/l liegt fast doppelt so hoch wie der Wert für diese Alge zur gleichen Zeit im Hafengebiet. Ebenso wie im Hafenwasser war im März bereits ein reiches Chlorophyceenspektrum zu finden. Unterschiedlich zum Planktonaspekt im Hafen zeigte sich ein stärkeres Vorkommen von *Synura uvella* und *Pandorina morum*. Allgemein war die Gesamtzahl des Phytoplanktons wiederum etwas höher. Während im Hafen eine Gesamtzellzahl von 103×10^5 Z/l gezählt wurde, waren es im Europakanal 109×10^5 Z/l. Das Jahresmaximum des Zooplanktons

und die damit verbundene Abnahme der Algenmenge fiel in beiden Gewässern in den April (vergl. Abb. 23).

3.2.2.3. Sommeraspekt 1973

Der Sommeraspekt zeigte im wesentlichen die gleichen Arten, die auch im Hafen vorkamen. Er war vor allem durch die Chlorophyceen geprägt. *Pediastrum*, *Scenedesmus* und *Tetraedron* waren zahlenmäßig die stärksten Vertreter. Hier ist besonders *Tetraedron* minimum zu erwähnen, das in relativ hoher Anzahl (höchster Zählwert $37,3 \times 10^5$ Z/l) im Kanal vorkam, während es im Hafen im Sommer seltener war (12×10^5 Z/l).

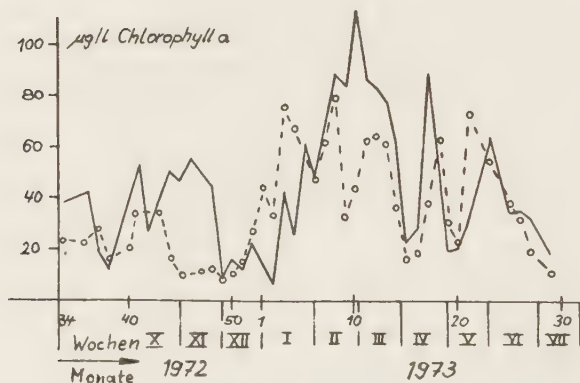


Abb. 23 Mittlere Konzentration an Chlorophyll a als Maß der Biomasse

Hafen Nürnberg

Europakanal im Bereich Nürnberg

o-o-o-o-

—

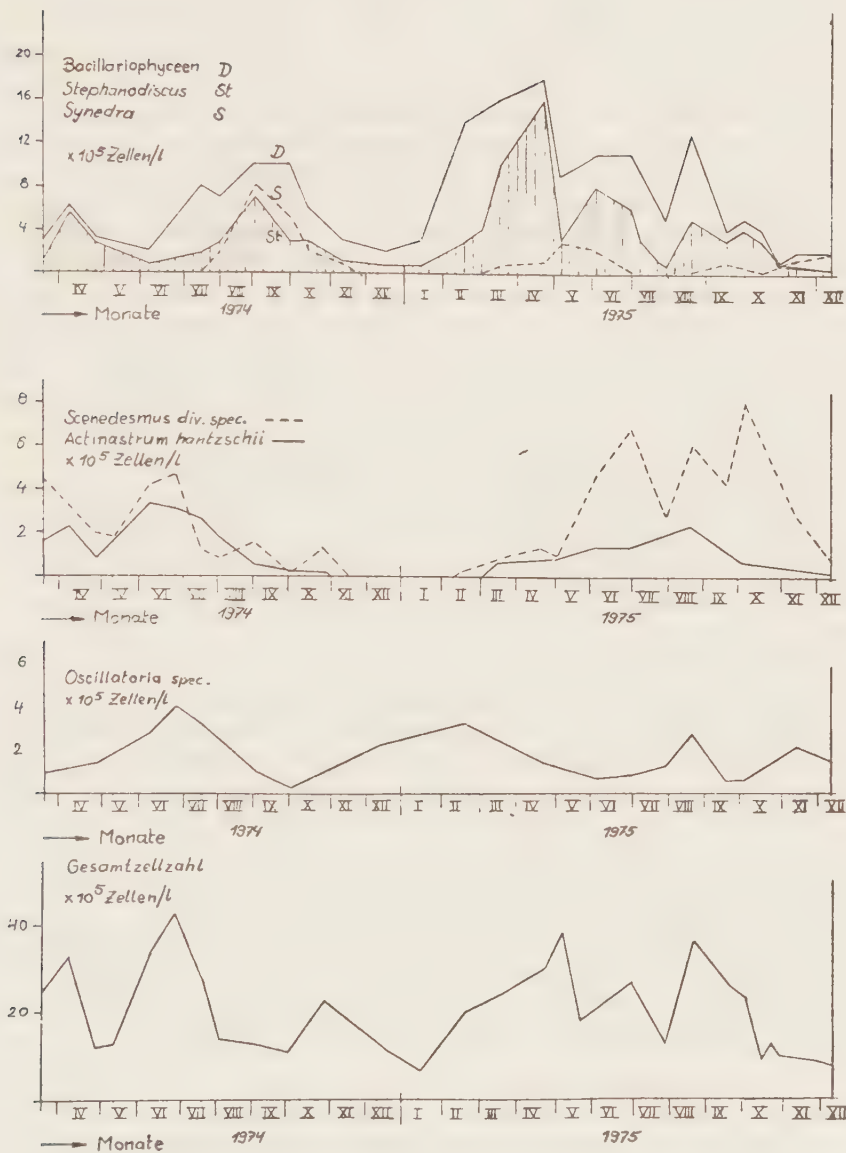


Abb. 24 Zählwerte häufig vorkommender Algen und Gesamtzellzahl des Phytoplanktons im Kanalgebiet bei Forchheim

3.2.3. Planktonaspekte im Kanalgebiet bei Forchheim

3.2.3.1. Frühjahrsaspekt 1974

Der Frühjahrsaspekt wurde vor allem durch *Stephanodiscus hantzschii* geprägt. Diese Art stellte mit $6,4 \times 10^5$ Z/l den Hauptanteil der Gesamtmenge an Bacillariophyceen. Daneben zeigten sich noch spärlich *Synedra acus*, *Synedra ulna* und vereinzelt *Asterionella formosa*, *Fragillaria capucina* und *Diatoma vulgare*. Die Chlorophyceen waren mit einer Vielfalt von *Scenedesmus*-Arten (vergl. Kap. 3.3.3.) und mit *Aktinastrum hantzschii* in relativ hoher Abundanz vertreten (vergl. Abb. 24). Etwas seltener kamen *Oocystis lacustris*, *Oocystis marsonii*, *Golenkinia radiata*, *Eudorina elegans* und *Planktosphaeria gelatinosa* vor. Unter den Cyanophyceen war in größerer Anzahl ($1,4 \times 10^5$ Fäden/l) *Oscillatoria redekei* und spärlich *Gomphosphaeria naegeliana* zu finden. Charakteristisch für den Frühjahrsaspekt war außerdem das Auftreten von *Synura uvella* und *Dinobryon divergens*. Die Gesamtzellzahl des Phytoplanktons betrug Mitte April $32,3 \times 10^5$ Z/l und ging Anfang Mai auf $12,2 \times 10^5$ Z/l zurück. Auch hier war an dem Rückgang der Phytoplanktonmenge das typische Frühjahrsmaximum des Zooplanktons schuld.

3.2.3.2. Sommeraspekt 1974

Ab Juni 1974 fehlten die Chrysophyceen im Plankton. Zu den im Frühjahr vorhandenen Arten gesellten sich eine große Zahl benthischer Bacillariophyceen, die durch die Schifffahrt aufgewirbelt, ins Plankton verfrachtet wurden (z.B. *Cymatopleura solea*, *Navicula oblonga* et *Navicula* div. spec. und *Nitzschia* div. spec.). Die Chlorococcalen *Pediastrum duplex*, *P. boryanum*, *P. simplex* und in geringer Abundanz einige Conjugatophyceen wie *Staurastrum gracile*, *Cosmarium formosulum*, *Closterium aciculare* und *Closterium moniliferum* vergrößerten weiterhin den sommerlichen Artenreichtum. Anfang Juni stieg die Zellzahl des Gesamtphytoplanktons auf $43,3 \times 10^5$ Z/l. Dies war während der beiden Untersuchungsjahre der höchste Wert (vergl. Abb. 24).

3.2.3.3. Herbstaspekt 1974

Die Bacillariophyceen zeigten bereits Anfang September ein starkes Vorkommen. An diesem frühen Herbstmaximum waren vor allem *Stephanodiscus hantzschii* mit 7×10^5 Z/l und *Synedra acus* mit

$8,3 \times 10^5$ Z/l beteiligt. Danach nahm die Zahl der Bacillariophyteen und des Gesamtphytoplanktons ständig ab (vergl. Abb. 24). Auch der Artenreichtum der Chlorophyceen schrumpfte im Laufe des Herbstes stark zusammen. Von 28 im Juni vorkommenden Arten zeigten sich im Oktober nur noch 15 Formen. Die dabei häufigsten Arten waren *Scenedesmus quadricauda*, *Closterium aciculiferum* und *Aktinastrum hantzschii*. Die Entwicklung der Oscillatoriaarten, die Ende September sehr zurückgegangen war, zeigte einen allmählichen erneuten Aufschwung von $0,24$ zu $1,9 \times 10^5$ Fäden/l Ende November. Die Gesamtzellzahl des Phytoplanktons betrug Ende November $12,5 \times 10^5$ Z/l.

3.2.3.4. Winteraspekt 1974

Der Winteraspekt war durch ein erhöhtes Auftreten von Oscillatoria redeckel gekennzeichnet, deren Zellzahlen seit Anfang Oktober ständig zugenommen hatten. Die größte Anzahl wurde Mitte Februar mit $3,2 \times 10^5$ Fäden/l gezählt. In geringerer Zellzahl ($2,1 \times 10^5$ Z/l) kamen daneben meist nur Bacillariophyceen vor. Am häufigsten war wiederum *Stephanodiscus hantzschii*. Viel seltener waren *Asterionella formosa* und *Synedra acus* zu finden. Die Chlorophyceen waren spärlich, vor allem mit *Scenedesmus quadricauda* und *Pediastrum boryanum*, vertreten. Vereinzelt zeigte sich noch *Peridinium aciculiferum* im Plankton. Die Gesamtartenzahl war im Januar mit 14 Formen sehr gering, ebenso war die Gesamtzellzahl auf den niedrigsten Jahreswert von $6,4 \times 10^5$ Z/l gesunken. (vergl. Abb. 24).

3.2.3.5. Veränderungen im zweiten Untersuchungsjahr 1975

Bedingt durch den milden eisfreien Winter setzte bereits Anfang Februar eine starke Entwicklung von *Stephanodiscus hantzschii* ein. Das Maximum Mitte April zeigte den höchsten Jahreswert von $16,2 \times 10^5$ Z/l. Im Juni und August waren noch kleinere Spitzen zu verzeichnen mit $7,92$ bzw. $5,4 \times 10^5$ Z/l, an denen aber auch *Stephanodiscus astrea* mit beteiligt war. Gegen Jahresende gingen die Zellzahlen von *Stephanodiscus* auf $0,3 \times 10^5$ Z/l stark zurück (vergl. Abb. 24). Die *Synedra*-arten kamen in weitaus geringerer Anzahl vor als im Vorjahr. Der Höchstwert lag im Mai 1975 bei $1,72 \times 10^5$ Z/l, während 1974 im September $8,3 \times 10^5$ Z/l gezählt wurden. *Stephanodiscus hantzschii* und *Synedra acus* waren auch 1975

zahlenmäßig die hauptsächlichsten Vertreter der Bacillario-phyceen. Bei den Chlorophyceen waren wiederum, wie 1974, die Arten *Scenedesmus quadricauda* et div. spec. sowie *Aktinastrum hantzschii* in größerer Abundanz zu finden. Besonders von April bis Oktober 1975 kamen die *Scenedesmus*-arten zahlreicher vor als im Jahr 1974 (vergl. Abb. 24). Der höchste Zählwert im September 1975 war mit $8,1 \times 10^5$ Z/l fast doppelt so hoch wie der Höchstwert im Juni 1974 mit $4,7 \times 10^5$ Z/l. Neu gefundene Arten waren *Chlamydomonas depauperata* (siehe Abb. 45) und *Chlamydomonas mucosa*, die besonders im Frühjahr häufiger auftraten. *Chlamydomonas mucosa* wurde von ETTL (1958) auf Grund ihrer weit voneinander getrennten Geißelinserktion zur Gattung *Gloeomonas* umgeordnet (vergl. Kap. 3.2.6.). Außerdem kam die Art *Pediastrum simplex*, die im gleichen Jahr auch im Hafengebiet zu finden war, neu vor (vergl. dazu Kap. 3.2.1. und Abb. 47 und 48). Unter den Conjugatophyceen ist *Staurastrum gracile* zu erwähnen, das sich besonders im August 1975 relativ häufig ($2,3 \times 10^5$ Z/l) zeigte und in diesem Jahr die zahlreichste Art dieser Gattung bildete. Auch die Cyanophyceen zeigten sich im August 1975 in höherer Abundanz, vor allem mit *Oscillatoria redekei* und *Oscillatoria putrica* mit insgesamt $2,22 \times 10^5$ Fäden/l. Im November wurde ein ähnlich hohes Ergebnis gezählt ($2,16 \times 10^5$ Fäden/l), der höchste Zählwert lag wie bereits erwähnt im Februar, während das höchste Ergebnis 1974 im Juni gefunden wurde (vergl. Abb. 24). Daneben wurden im Untersuchungsjahr 1975 *Microcystis flos-aquae* und *Chroococcus limneticus* in größerer Abundanz angetroffen, als im Vorjahr. Die Art *Aphanizomenon flos-aquae* trat 1975 das erste Mal auf. Ihre Hauptvegetation war im August mit $1,79 \times 10^5$ Fäden/l. Eine typische Wasserblüte dieser Blaualge, wie sie im Hafengebiet vorkam, konnte somit nicht festgestellt werden.

Eine genaue Aufzählung aller gefundenen Arten möge dem Kapitel 3.2.4. entnommen werden.

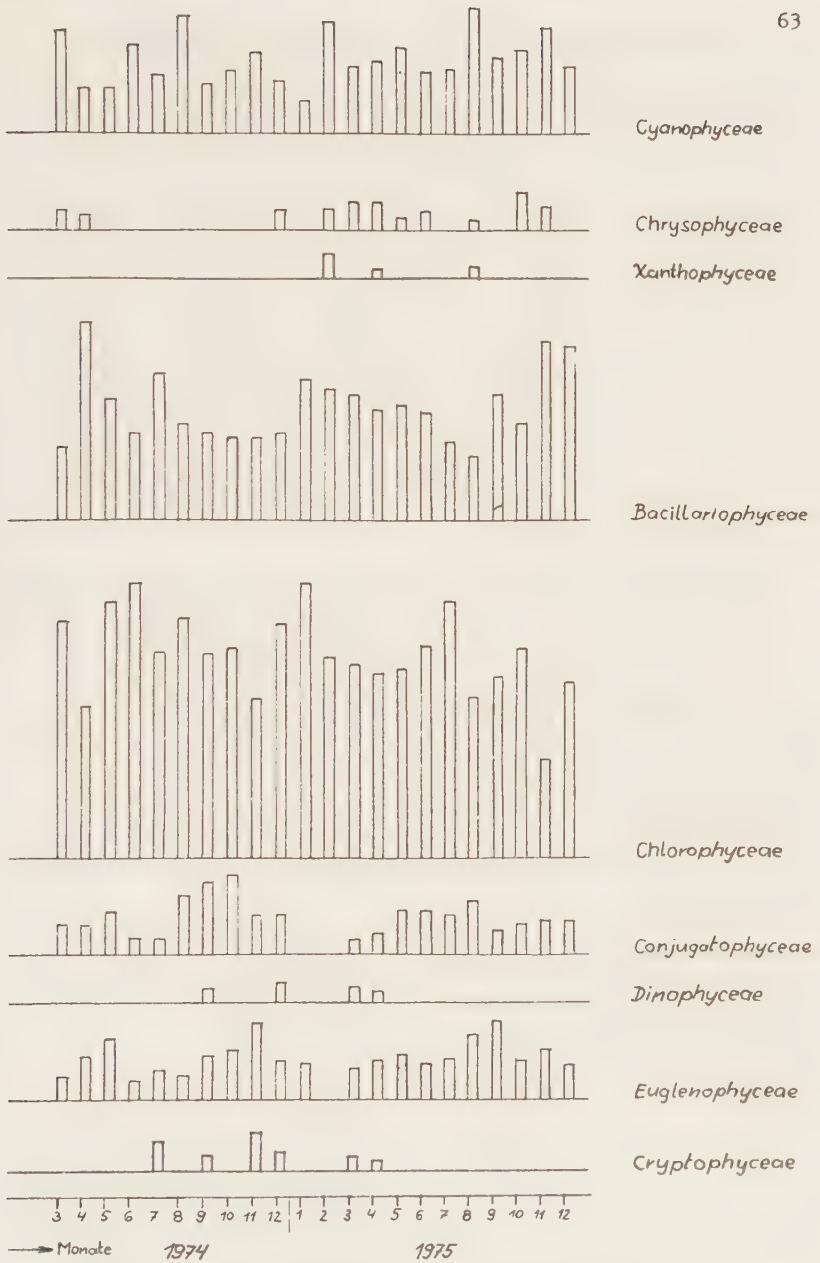


Abb.: 25 Artendiversität im Kanal bei Forchheim

3.2.3.6. Artendiversität im Kanalgebiet bei Forchheim

Für ein stark eutrophes Gewässer (vergl. Kap. 3.1.5.) war das Plankton recht artenreich. Allerdings traten viele Formen nur in geringer Zellzahl auf (vergl. Kap. 3.2.3.). 17 Arten kamen im Laufe des Jahres häufig und zahlreich vor (im Hafengebiet 31 Formen). Die artenreichsten Algengruppen waren die Chlorophyceen mit einem Anteil von 40 % an der Gesamtartenzahl, die Bacillariophyceen mit 25 % (einschließlich benthischer Formen) und die Cyanophyceen mit 16 %. Mit je 0,6 % stellten die Klassen der Dinophyceen und Xanthophyceen den geringsten Anteil, wobei die letzte Gruppe 1974 gar nicht vertreten war (vergl. Abb. 25). Die Conjugatophyceen waren mit 6 % fast genau so häufig wie im Hafengebiet vertreten. Sie zeigten allerdings größere Schwankungen des prozentualen Anteils im Jahresverlauf.

Bei der Gegenüberstellung der Gesamtfunde an Phytoplanktern im Kanalteil bei Forchheim und im Hafen Nürnberg fällt deutlich der Unterschied in der Gesamtartenzahl auf.

Gesamtartenzahl an	Forchheim	Nürnberg
Cyanophyceae	21	19
Crysohyceae	4	6
Xanthophyceae	2	5
Bacillariophyceae	30	17
Dinophyceae	1	6
Chlorophyceae	44	68
Conjugatophyceae	12	14
Euglenophyceae	10	11
Cryptophyceae	2	4
Chloromonadophyceae	0	1
gesamt	126	151

Im Forchheimer Kanalgebiet sind 25 Arten weniger zu verzeichnen als im Nürnberger Hafen. Allein bei den Chlorophyceen findet man 24 Formen weniger. Dagegen sind es bei den Bacillariophyceen 13 Arten und bei den Cyanophyceen 2 Arten mehr, als im Hafengebiet. Dies weist eindeutig auf eine Verschiedenheit der Gewässersituation hin, wie sie in den chemischen Verhältnissen bereits erkennbar war.

Durch die Einleitung der abwasserbelasteten Regnitz und die Verschmutzung durch die Schifffahrt, kann man diesen Teil des Europakanals als bereits hypertrophiert ansehen (vergl. Kap. 3.1.5.). Erstaunlich ist deshalb die geringe Produktion gegenüber dem nährstoffärmeren Kanalgebiet bei Nürnberg. Selbst bei starker Planktonentwicklung liegen die Zählwerte weitaus tiefer. Dies liegt wohl in der starken Detritustrübung im Forchheimer Kanalgebiet begründet (vergl. Kap. 1.3.1.) mit Sichttiefen von durchschnittlich 0,5 m, die eine Verschlechterung des Lichtklimas zur Folge haben. Als deutlicher Ausdruck dieses Unterschieds in der Gesamtmenge des Phytoplanktons möge hier die Gegenüberstellung der gemessenen Chlorophyllwerte dienen. (vergl. Abb. 26).

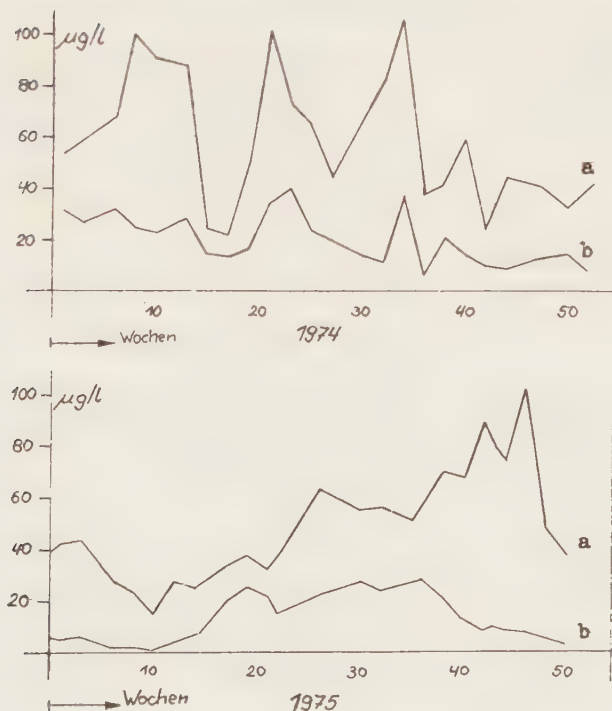


Abb. 26 Gesamtkonzentration an Chlorophyll a
 a) Hafen Nürnberg
 b) Kanalgebiet bei Forchheim

3.2.4. Verzeichnis der gefundenen Algenarten

I) Cyanophyceae

- | | |
|--|---|
| 1. <i>Anabena circinalis</i> RAB. | HN ⁺ Selten im Herbst 1972 und 1973, vereinzelt April 1974.
FO ⁺ Vereinzelt Sept. bis Nov. 1975 |
| 2. <i>Anabena oscillaroides</i>
BORY | FO Vereinzelt Juni 1974, April 1975 |
| 3. <i>Anabena spiroides</i> KLEB. | FO Vereinzelt April 1974, Aug. 1975 |
| 4. <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
(L.) RÄLFS | HN Im Sommer 1974 in geringer Anzahl. Häufig bis sehr häufig Juni bis Dez. 1975. Wasserblüte Aug. bis Okt.
FO Mäßig häufig Aug. 1975, spärlich häufig Okt. 1975, vereinzelt Nov. 1975.
B-mesosaprob |
| 5. <i>Chroococcus limneticus</i> LEMM. | HN Gelegentlich Frühjahr bis Herbst 1973, selten Aug., Sept. und Nov. 1974, mäßig häufig von März bis Sept. 1975.
Plankter eutropher Gewässer (FOTT). |
| 6. <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>
NÄG. | HN Selten bis mäßig häufig Sept. und Okt. 1973 und 1974, Febr., Mai und Juni 1975.
FO Vereinzelt Juni, Juli und Okt. 1975.
B-mesosaprob |
| 7. <i>Gomphosphaeria lacustris</i>
CHOD. | HN Spärlich bis mäßig häufig Juli bis Sept. 1973, Jan. bis März und Okt. bis Dez. 1974, Jan., Juni und Aug. 1975.
FO Vereinzelt Dez. 1974, Febr. 1975. |

+) Verwendete Abkürzungen:

HN = Hafen Nürnberg

FO = Kanal bei Forchheim

8. *Gomphosphaeria naegeliana* (UNGER.) LEMM. HN Häufig Juli bis Okt. 1973, selten Jan. und April 1974, häufig Juni bis Dez. 1974. Ganzjährig 1975, häufig Juni und Sept.
- FO Spärlich bis mäßig häufig April, Juni, Aug. bis Nov. 1974, Febr. bis April, Juli bis Sept. 1975.
9. *Lyngbia limnetica* LEMM. HN Vereinzelt Juni und Sept. 1973 und Juni 1975.
10. *Merismopedia glauca* NÄG. FO 26.8.1975
11. *Merismopedia elegans* BRAUN HN Selten Herbst 1972 und 1973 sowie März und April 1974.
12. *Merismopedia tenuissima* LEMM. FO 17.6.1975
13. *Microcystis aeruginosa* KÜTZ. HN Vereinzelt Juli und Okt. 1973, April und Sept. 1975. B-mesosaprob
14. *Microcystis flos aquae* KIRCHNER HN Juni bis Sept. 1973, häufig im Aug. März und April 1974, Aug. und Okt. 74 häufig. Von Mai bis Nov. 1975, häufig im Juli 1975.
- FO Spärlich bis mäßig häufig April, Aug. und Sept. 1974, mäßig häufig bis häufig Juli und Aug. 1975, vereinzelt Okt. und Nov. 1975. B-mesosaprob
15. *Microcystis incerta* LEMM. HN 25.8.1975
16. *Oscillatoria agardhii* GOM. HN Mäßig häufig Nov. und Dez. 1973 und 1974 sowie Nov. 1975.
- FO Spärlich April 1974, vereinzelt Aug. 1974, Juni und Okt. 1975. Spärlich Nov. 1975.
17. *Oscillatoria brevis* (KG.) GOM. FO Spärlich April, Mai und Juli 1974, Juni 1975. Vereinzelt Nov. 1975.
18. *Oscillatoria chlorina* KÜTZ. FO 26.8.1975
19. *Oscillatoria lacustris* GEITLER HN Vereinzelt April 1973, Jan. 1974 und Febr. 1975.
- FO Spärlich oder vereinzelt März und April 1974, April und Nov. 1975.

20. *Oscillatoria limnetica*
LEMM. HN Spärlich Juli und Nov. 1973.
Selten August und Sept. 1975.
FO Spärlich April, Aug., Sept.
und Nov. 1974, Febr. und März
1975.
21. *Oscillatoria limosa* AG. HN Vereinzelt Jan. bis März 1974
und Febr. 1975.
22. *Oscillatoria princeps*.
VAUCH. FO Spärlich April und Juni 1974,
März und April 1975. Verein-
zelt Nov. 1975.
23. *Oscillatoria putrica*
SCHMIDLE FO Vereinzelt April 1974, Juni
1975.
24. *Oscillatoria redeckei*
VAN GOOR HN 1974 selten im Plankton. Ver-
einzelt Juni 1974. Mäßig
häufig Aug. bis Dez. 1974.
Ganzjährig 1975, häufig März,
April, Juli und Aug., sehr
häufig bis massenhaft Sept.,
Nov. und Dez. 1975.
FO 1974 ganzjährig, meist mäßig
häufig. Sehr häufig im Juli,
häufig im Dez. Ganzjährig 1975,
spärlich Juni und Aug., häufig
April bis Juni und Nov. und Dez.
1975, sonst mäßig häufig.
B-mesosaprob (siehe Abb. 53).
- KÜTZ.
25. *Oscillatoria subtilissima* HN Vereinzelt April und Juni 1975.
26. *Oscillatoria tenuis* AG. HN Spärlich Aug. 1974 und Jan. 1975.
FO Spärlich bis vereinzelt März,
Mai, Juli und Aug. 1974, Juli
und Nov. 1975.
27. *Oscillatoria spec. non-*
determ. FO Sehr dünne Fäden, Querwände
kaum erkennbar. Spärlich vor-
kommend März und April 1975.
28. *Phormidium autumnale* (AG.)
GOM. FO Vereinzelt April 1974. Spär-
lich Okt. 1975, vereinzelt
Dez. 1975.
29. *Phormidium mucicola* NAUMANN
et H.-PESTALOZZI HN Vereinzelt Aug. und Sept. 1975.
(in den Gallerthüllen von Micro-
cystis).

- | | | |
|--|----|--|
| 1. <i>Dinobryon divergens</i> IMHOF | HN | Vereinzelte Jan. und Febr. 1973 und 1974. |
| | FO | Vereinzelte März und April 1974, Febr. bis April 1975 und Juni 1975. |
| 2. <i>Mallomonas acaroides</i> PETRY | HN | Selten Sept. und Okt. 1973. Mäßig häufig im März 1974. Vereinzelte Jan. 1975. |
| | FO | Vereinzelte März 1975 und Anfang Aug. 1975. Plankton sauberer Gewässer. |
| 3. <i>Mallomonas akrokomos</i> RUTTNER | HN | Vereinzelte Jan. und Febr. 1973 und 1974. |
| 4. <i>Mallomonas tonsurata</i> TEILING | HN | Spärlich bis vereinzelte Nov. 1973, Jan., Febr., Sept. bis Dez. 1974, Jan. und Sept. 1975. |
| 5. <i>Mallomonas tonsurata</i> TEIL.
var. <i>alpina</i> KRIEGER | HN | Mit der typischen Form. |
| 6. <i>Mallomonas species</i> +) | FO | Vereinzelte März 1975 und Aug., Okt. und Nov. 1975. |
| 7. <i>Synura uvella</i> EHRBG. | HN | Selten Jan. bis April 1973. Spärlich Jan. und Febr. 1974. |
| | FO | Spärlich März 1974, April bis Juni 1975 und Nov. 1975. B-mesosaprob |

III. Xanthophyceae

- | | | |
|---|----|--|
| 1. <i>Goniochloris sculpta</i> GEITLER | HN | Vereinzelte Sept. 1973. Spärlich Juni, Aug. bis Nov. 1974 und Febr., März und Juli 1975. |
| 2. <i>Goniochloris torta</i> PASCHER | HN | Vereinzelte Aug. und Sept. 1973, Aug. 1974 und Juli 1975. |
| 3. <i>Goniochloris mutica</i> (BRAUN) FOTT | HN | Vereinzelte Okt. 1974 sowie April und Juni 1975. |
| | FO | Vereinzelte Dez. 1974. |
| 4. <i>Pseudostaurastrum hastatum</i> (REINSCH) CHOD. | HN | Vereinzelte Sept. 1973, Aug. und Sept. 1974. Spärlich Mai bis Dez. 1975. |
| 5. <i>Pseudostaurastrum hastatum</i> var. <i>limneticum</i> CHOD. | HN | Zusammen mit der typischen Form. (vergl. Abb. 29) |
| 6. <i>Tribonema viride</i> PASCHER | FO | Vereinzelte Februar u. April 1975 |

+) Die während der 50er und 60er Jahre im Gebiet Dechsendorf-Föhrendorf auftretende *Mallomonas* schwerflei GLENK (GLENK 1956, GLENK und FOTT 1971) konnte im RD-Kanal nicht gefunden werden.

IV. Bacillariophyceae

- | | |
|---|---|
| 1. <i>Amphora ovalis</i> KÜTZ. | FO 17.6.1975 |
| 2. <i>Asterionella formosa</i> HASS. | HN 1973 fast das ganze Jahr über. Im Sommer selten. Häufig Dez. 1972 bis April 1973 mit Max. im Jan. 1973. Seltener 1974. Häufig Nov. 1974 bis Jan. 1975. Spärlich bis April 1975. Vereinzelt im Juni 1975. |
| | FO Spärlich März, April, Juni, Juli, Sept., Nov. und Dez. 1974. 1975 ganzjährig, meist spärlich bis vereinzelt. Häufig im Juni 1975. B-mesosaprob |
| 3. <i>Asterionella gracillima</i>
KETTE | HN 17.4.1974 |
| | FO Vereinzelt März 1974. |
| 4. <i>Caloneis amphisbaena</i>
(BORY) CLEVE | FO Vereinzelt Mai, Juli und Sept. 1974. |
| 5. <i>Coscinodiscus radiatus</i> EHR. | HN Spärlich Mai und Juni 1975. |
| | FO Vereinzelt Aug. und Nov. 1974. |
| 6. <i>Cryptocephala spec.</i> | FO 15.4.1974 |
| 7. <i>Cyclotella comta</i> (EHR.) KÜTZ. | FO Vereinzelt März und April 1974. |
| 8. <i>Cyclotella meneghiniana</i> KÜTZ. | HN Vereinzelt Sommer und Herbst 1973. Spärlich Jan. bis April und Aug. 1974. Vereinzelt Mai und Juli 1975. |
| | FO Spärlich oder vereinzelt April, Juli und Dezember 1974, März, April und Nov. 1975. |
| 9. <i>Cyclotella stelligera</i> GRUN. | HN 12.2.1975 |
| | FO Vereinzelt Mai 1974. |
| 10. <i>Cymatopleura solea</i> (BREB.)
W. SMITH | HN Vereinzelt im Plankton: Jan. und April 1975. |
| | FO Spärlich, manchmal vereinzelt März bis Sept. 1974, März bis Dez. 1975. B-mesosaprob |
| 11. <i>Diatoma elongatum</i> AGARDH. | HN Spärlich Jan. und Febr. 1974. |

- | | | |
|---|----|---|
| 12. <i>Diatoma vulgare</i> GRUN. | HN | Vereinzelte Herbst und Winter 1973. Spärlich Jan. und Febr. 1974. |
| | FO | Spärlich April 1974 und 1975. β -mesosaprob |
| 13. <i>Diatoma vulgare</i> BORY
var. <i>capitulata</i> | FO | Mit der typischen Form. |
| 14. <i>Fragillaria capucina</i> DESM. | HN | Häufig Okt. 1972 bis März 1973, Max. Jan. und Febr. 1973. Im Sommer 1973 selten. Mäßig häufig im Nov. und Dez. 1974. Vereinzelte Jan. 1975. |
| | FO | Vereinzelte April, Juli, Sept. und Dez. 1974. |
| 15. <i>Fragillaria crotonensis</i>
KITTON | HN | Mäßig häufig bis selten im Sommer 1973. Häufig Jan. bis März 1974, Maxima im Febr. Selten bis vereinzelte April 1975. |
| | FO | Vereinzelte April 1974. Spärlich Febr. und März 1975, vereinzelte April und Nov. 1975. β -mesosaprob |
| 16. <i>Fragillaria virescens</i> RALFS | HN | Vereinzelte März und April 1975. |
| | FO | Vereinzelte April 1974. |
| 17. <i>Gomphonema spec. non. determ.</i> | FO | Vereinzelte März und April 1975. |
| 18. <i>Gyrosigma attenuatum</i>
(KÜTZ.) RABEN. | FO | Vereinzelte März und Sept. 1974 und Nov. 1975. |
| 19. <i>Gyrosigma acuminatus</i>
(KÜTZ.) RABEN. | FO | Vereinzelte März und Sept. 1974. |
| 20. <i>Melosira ambigua</i> (GRUN.)
MÜLL. | FO | Vereinzelte März, Juni, Aug. und Nov. 1974. |
| 21. <i>Melosira granulata</i> (EHR.)
RALFS | HN | Vereinzelte im Juni 1974 |
| | FO | Vereinzelte Juli 1974 u. 1975 |
| 22. <i>Nitzschia acicularis</i> SMITH | HN | Mäßig häufig im Winter 1974. Häufig Febr. und März 1975. Seltener April, Juni und Sept. |
| | FO | Spärlich, manchmal vereinzelte Sept. 1974 und 1975 ganzjährig. β -mesosaprob |
| 23. <i>Nitzschia gracilis</i> HANTZSCH | FO | Vereinzelte Sept. 1974, April und Nov. 1975. |
| 24. <i>Nitzschia palea</i> SMITH | FO | Vereinzelte April 1975. |

25. *Nitzschia sigmoidea* (EHR.) SMITH FO Spärlich April bis Sept. 1974 und April 1975. Vereinzelt Nov. und Dez. 1975.
26. *Stephanodiscus astrea* (EHR.) GRUN. HN Spärlich April, Aug., Nov. und Dez. 1974, Febr. bis Dez. 1975. Mäßig häufig Aug. bis Okt. 1975.
FO Vereinzelt Sept. 1974, April und Okt. 1975.
27. *Stephanodiscus hantzschii* GRUN. HN Sehr häufig Febr. bis April 1973. Häufig Nov. 1973 bis März 1974, ebenso Nov. 1974 bis Febr. 1975.
FO 1974 und 1975 ganzjährig im Plankton. Meist mäßig häufig, selten spärlich z.B. Sept. 1975. Massenhaft April 1974 und 1975 sowie Juli 1975. Häufig im Okt. 1975.
α-mesosaprob (auch β-m.).
28. *Stauroneis anceps* EHR. FO Vereinzelt März 1974, Aug., Okt. und Nov. 1975.
29. *Synedra acus* KÜTZ. HN Ganzjährig fast ständig im Plankton. Erstmals seit April 1973. Häufig im Sept., sehr häufig Okt. und Nov. 1973 sowie Jan. bis April 1974. Häufig im Juni 1974 und März und April 1975. Ab Mai 1975 nur vereinzelt.
FO Spärlich Juli und Aug., vereinzelt April, Nov. und Dez. 1974. Spärlich Febr., März, mäßig häufig April 1975. Spärlich Mai bis Juli und Okt., mäßig häufig Nov. 1975.
β-mesosaprob
30. *Synedra acus* KÜTZ.
var. *angustissima* GRUN. HN Häufig im Herbst 1973. Mäßig häufig im Winter 1973/1974. Hier vergesellschaftet mit *Oscillatoria*. Vereinzelt Aug. 1974. 1975 nicht mehr im Plankton.
31. *Synedra capitata* EHR. FO Vereinzelt April und Nov. 1975. Spärlich im Juli 1975.
32. *Synedra ulna* (NITZSCH.) EHR. FO Mäßig häufig April, spärlich Mai, Juni, Dez. 1974. Spärlich Juni, Aug. und Nov. 1975.

V. Dinophyceae

1. *Ceratium hirundinella* HN Spärlich bis mäßig häufig Sept. und Oktober 1974. Vereinzelt fa. *austriacum* (ZEDERBAUER) DACHMANN Juni bis August 1975. (vergl. Abb. 28 und 30).
2. *Gymnodinium bohemicum* FOTT. HN Vereinzelt März und April 1975.
3. *Gymnodinium exvacatum* NYG. HN Spärlich Juni 1975.
4. *Peridinium aciculiferum* HN Häufig Jan. und Febr., spärlich LEMM. Nov. und Dez. 1973 und 1974. Häufig Febr. 1975, vereinzelt Nov. 1975.
FO Vereinzelt Sept., spärlich Dez. 1974. Vereinzelt März und April 1975. Typische kaltstenotherme Art (vergl. GLENK 1956), (siehe Abb. Abb. 31).
5. *Peridinium bipes* STEIN HN Vereinzelt Aug. 1974 und Juni 1975.
6. *Peridinium Volzii* LEMM. HN Spärlich Sept. und Okt. 1974. Häufig Juli 1975, spärlich Aug. und Sept. 1975.

VI. Chlorophyceae

A. Volvocales

1. *Chlamydomonas depauperata* FO Mäßig häufig Febr. und März PASCHER 1975. (siehe Abb. 45).
2. *Chlamydomonas muscosa* FO Häufig April 1975, spärlich PASCHER Mai 1975.
3. *Chlamydomonas petry* GOR. FO Vereinzelt im Mai 1975.
4. *Chlamydomonas reinhardtii* FO Spärlich Aug. 1974, April und DANG. Mai 1975.
5. *Chlamydomonas simplex* HN Vereinzelt oder spärlich April PASCHER und Juni 1974 sowie Febr. bis April und Juni 1975.
6. *Chlamydomonas div. spec.* HN Spärlich Sept. bis Okt. 1972. Häufiger Jan. und Febr. 1973. Mäßig häufig Juli bis Okt. 1973. Spärlich Jan. bis März 1974. Mäßig häufig Okt. und Nov. 1974. Spärlich Febr. bis April 1974.
FO Mäßig häufig bis spärlich. Frühjahr 1974 und 1975, Sommer 1974, Winter 1975. Polysaprob bei Massenentwicklung.

7. *Eudorina elegans* EHRLG. HN Mäßig häufig April 1973, Mai und Juni 1974 und Mai 1975.
FO Spärlich bis mäßig häufig April und Mai 1974, März, April und Juni 1975.
B-mesosaprob
8. *Gonium soziale* WARMING HN Mäßig häufig bis selten Nov. 1972 bis Febr. 1973. Vereinzelt Sept. 1973 und März 1974.
9. *Pandorina morum* BORY HN Spärlich April und Mai 1973 und Sept. 1974. Vereinzelt Mai 1975.
FO Mäßig häufig Juni und Aug. 1974. Spärlich April, mäßig häufig Juni, häufig Juli und Aug. 1975.
10. *Phacotus lenticularis* HN Spärlich bis vereinzelt Juni bis Sept. 1973 und Juni bis Aug. 1975.
EHLRG.
11. *Pyramimonas tetrahyndus* HN 11.3.1974, 5.2.1975
SCHMARDT

B. Tetrasporales

1. *Chlorangiella pygmaea* HN Vereinzelt Aug. 1973 und Aug. und Okt. 1974.
(EHLRG.) SILVA
2. *Polychaetochloris* HN Vereinzelt auf Fadenalgen
aggregata
PASCHER

C. Chlorococcales

1. *Actinastrum hantzschii* HN Spärlich bis vereinzelt Juli und Aug. 1973, Jan., Febr., April und Juni 1974 sowie Febr. bis Juni 1975.
LAGERH.
FO Von April bis Sept. 1974 ständig im Plankton. Häufig Anfang April, Ende April massenhaft. Im Aug. sehr häufig, sonst mäßig häufig. 1975 von März bis Dez. Meist mäßig häufig. Massenhaft Ende Okt., im Dez. vereinzelt. B-mesosaprob (siehe Abb. 43)
2. *Ankistrodesmus angustus* FO Vereinzelt im Sept. 1974 und im Nov. 1975.
BERN.

3. *Ankistrodesmus braunii* (NÄG.) HN Spärlich Nov. und Dez. 1973
COLLINS var. *pusilla* PRINTZ Syn. *Monoraphidium pusillum*+) (PRINTZ) KOM.-LEG.
4. *Ankistrodesmus falcatus* HN Spärlich Juni bis Okt. 1973.
(CORDA) RALFS Vereinzelt Jan., April und Mai 1974. Spärlich April und Juni 1975. Indikator eutropher Gewässer.
5. *Ankistrodesmus falcatus* HN Vereinzelt Febr., spärlich
var. *acicularis* (A.B.) S.WEST Juni 1975. Syn. *Monoraphidium griffithii*+) (BERKEL) KOM.-LEG.
6. *Botryococcus braunii* KÜTZ. FO Vereinzelt Juni und Aug. 1974.
7. *Botryosphaeria sudetica* HN Vereinzelt Jan., April, Juni
CHOD. und Aug. 1974.
8. *Characium spec.* FO Vereinzelt Juni 1974 und April 1975.
9. *Chodatella ciliata* LEMM. HN Spärlich Juni und Okt. bis
Dez. 1973, April, Mai, Aug. und Sept. 1974, Mai bis Juli 1975. Mäßig häufig im Juli.
FO Spärlich bis vereinzelt April, Juni bis September 1974 und Juni 1975. (siehe Abb. 28)
10. *Chodatella citriformis* HN Vereinzelt Juli 1975.
SNOW.
11. *Coelastrum astroideum* HN April bis Nov. 1973. Häufig
DE NOTARIS Juli und Aug., spärlich Jan., mäßig häufig Juli bis Sept. 1974. Spärlich Febr., etwas häufiger Mai bis Juli 1975. Selten Okt. 1975.
12. *Coelastrum astroideum* FO Vereinzelt im Juni, spärlich
DE NOT. var. *rugosum* RICH. im Aug. 1974.
HN Neben der typischen Form: Aug. 1974, Febr. und Mai und Juli 1975.
13. *Coelastrum cambricum* HN vereinzelt Juli und Aug. 1975.
ARCH.
14. *Coelastrum cornutum* HN Vereinzelt Okt. 1975.
LEMAIRE

+) Die Gattungen *Ankistrodesmus* und *Monoraphidium* wurden von KOMARKOVA-LEGNEROVA überarbeitet und revidiert. Die Art *Ankistrodesmus braunii* (NÄG.) COLLINS var. *pusilla* PRINTZ wurde von ihr zu *Monoraphidium pusillum* (PRINTZ) KOM-LEGN. gestellt. Ebenso kam *Ankistrodesmus falcatus* var. *acicularis* (A.B.) S.WEST zu *Monoraphidium griffithii* (BERKEL) KOM-LEGN.

15. *Coelastrum microporum* NÄG. HN März bis Dez. 1973, mäßig häufig im Juni und Juli. Ganzjährig 1974, spärlich bis mäßig häufig. Ganzjährig 1975, Maxima im Aug.
FO Meist spärlich, manchmal mäßig häufig April bis Sept. 1974. Vereinzelt Dez. 1974. Spärlich Febr. bis Nov. 1975.
16. *Coelastrum reticulatum* (DANG.) SENN HN Spärlich bis mäßig häufig Aug. und Sept. 1974. sowie Mai, Juli und Aug. 1975.
FO Vereinzelt im Sept. 1974.
17. *Coelastrum reticulatum* var. *polychordum* KORS. HN Vereinzelt bis spärlich neben der typischen Form.
18. *Coenocystis planctonica* KORS. FO 1.4.1974
19. *Crucigenia irregularis* ⁺) HN Vereinzelt Juni und Aug. 1973. Spärlich Aug. bis Dez. 1974. Vereinzelt Juni 1975.
FO Spärlich März 1975, mäßig häufig Juli und Aug. 1975. Eutrophieanzeiger (siehe Abb.46)
20. *Crucigenia quadrata* SCHMIDLE HN Spärlich Juni, Juli, Okt. und Dez. 1973 und Aug. bis Nov. 1974. Spärlich bis mäßig häufig Febr. und Mai bis Okt. 1975.
FO Spärlich Juni, Aug. und Sept. 1974, April und Sept. 1975.
21. *Crucigenia rectangularis* (A.BRAUN) GAY FO Vereinzelt Juli und Aug. 1974.
22. *Crucigenia tetrapedia* (KIRCH.) WEST HN Vereinzelt Juli bis Okt. 1973 und Aug. 1974.
23. *Dictyosphaerium anomalum* KORS. FO Spärlich im Juni 1975.
24. *Dictyosphaerium pulchellum* WOOD HN Selten, aber ständig im Plankton von Okt. bis Dez. 1973. Ganzjährig 1974. Von Febr. bis Okt. 1975. Mäßig häufig bis häufig im März und April 1975.
FO Meist spärlich April, Juni, Juli und Sept., vereinzelt Dez. 1974. Spärlich Febr., März, Juni und Okt. 1975, etwas häufiger im Juli 1975. B-mesosaprob (siehe Abb. 36).

⁺) Nach Prof. FOTT gehört diese Art nicht zur Gattung *Crucigenia* (vergl. Kap. 3.2.6. und Abb. 39).

25. *Elakatothrix lacustris*
KORS. HN Selten Juni und Juli, häufig
Dez. 1973. Spärlich April bis
Juni, häufiger Aug. bis Nov.
1974. Spärlich April bis Juni
1975.
FO Vereinzelt Aug. 1974 und Juli
1975.
26. *Franceia ovalis* LENT. HN Spärlich Mai bis Aug. 1975
27. *Golenkinia radiata* CHOD. HN 1973 fast ganzjährig im
Plankton, häufig Febr. bis
April. Spärlich 1974 Jan. bis
April, Aug., Nov. und Dez.
Spärlich bis mäßig häufig
Febr. bis April 1975.
FO Spärlich bis mäßig häufig
März bis Sept. 1974. Mäßig
häufig bis häufig im Febr. 1975
Im März bis April meist spär-
lich, danach keine Funde mehr.
28. *Hyaloraphidium contortum*
IASCH. HN Vereinzelt Jan., April, Aug.
und Dez. 1974. Spärlich im
Juli 1975.
29. *Kirchneriella irregularis*
var. *spiral*is SCHULDE HN Vereinzelt Nov. 1973, Jan. und
Febr. 1974.
30. *Kirchneriella lunaris*
(KIRCH.) KOEB. HN Vereinzelt April und Nov. 1973,
April 1974 und April bis Mai
1975.
31. *Lagerheimia genevensis*
CHOD. Spärlich Okt. bis Dez. 1973,
Jan., März, April und Sept.
1974. Häufiger Jan. und Febr.,
häufig März 1975. Spärlich oder
vereinzelt Mai und Juni 1975:
FO Spärlich bis vereinzelt April,
Mai und Sept. 1974 sowie Febr.
bis März 1975.
(siehe Abb. 40).
32. *Monoraphidium rimutum*⁺
(KIRCH.) KOM-LEG. HN Selten Okt. bis Nov. 1973 und
März, April und Sept. 1974.
Spärlich Febr., März und Juli
1975.
FO Vereinzelt manchmal spärlich
Juli 1974, März, April und
Juli 1975.
In eutrophen Teichen häufig.
33. *Monoraphidium setiforme*
NYG. FO Spärlich Juli 1975.
Syn. *Ankistrodesmus falcatus*
var. *setiforme* NYGAARD
34. *Monoraphidium tortile*⁺
(WEST) KOM-LEG. HN Vereinzelt im April 1975
35. *Oocystis elliptica* WEST HN Vereinzelt Sept. und Okt. 1975.

36. *Oocystis lacustris* CHOD. HN 1973 ganzjährig im Plankton. Spärlich im Jan., mäßig häufig April und Mai, häufig Juni und Sept. Ebenso 1974 ganzjährig, häufig Juli und Aug. 1975 von Jan. bis Aug., mäßig häufig im Aug.
FO Meist spärlich April bis Sept. 1974, mäßig häufig im Juli. 1975 spärlich Juni, Juli, vereinzelt im Nov.
37. *Oocystis marsonii* LEMM. HN Vereinzelt Nov. 1974. Spärlich Febr. bis Nov. 1975, häufig im Aug.
FO Vereinzelt Juni und Dez. 1974. Häufig im Juni 1975, spärlich im Okt. 1975.
38. *Oocystis solitaria* WITTR. HN Vereinzelt Juni und Juli 1973. Spärlich Juni bis Okt. 1974 und April bis Okt. 1975.
FO Spärlich im April und Sept. 1974. Häufiger im Juli 1975.
39. *Pediastrum boryanum* MENECH. HN Ganzjährig 1973, häufig Juni bis Aug. und Okt. Ganzjährig 1974, häufig im Juni, mäßig häufig im Aug. Ganzjährig 1975, häufig im April. Ab Juni nur noch vereinzelt.
FO 1974 und 1975 ganzjährig, meist spärlich. Selten Jan. bis April und im Dez. Häufig Aug. 1974 und Juli 1975. (siehe Abb. 51).
40. *Pediastrum boryanum* var. *cornutum* (RACIBORSKI) SULEX Zusammen mit der typischen Form.
41. *Pediastrum boryanum* var. *muticum* (KUTZ.) CHOD. Zusammen mit der typischen Form. Nach SULEX zu *P. boryanum* var. *boryanum* gehörig.
42. *Pediastrum boryanum* var. *longicorne* REINSCH Vereinzelt im Sommer 1974.
43. *Pediastrum duplex* A. BRAUN HN Ganzjährig 1973, häufig Mai und Juli, mäßig häufig Mai bis Sept. 1974 spärlich im Febr., April bis Juni und Sept. 1975 nur spärlich April bis Juni.
FO Spärlich bis vereinzelt März bis Sept. und Dez. 1974, Juni bis Nov. 1975. (siehe Abb. 50).
44. *Pediastrum simplex* MEYEN HN Vereinzelt bis spärlich Sept. bis Dez. 1974 und Jan. 1975. Häufiger Mai und Juni. Häufig bis sehr häufig Juli bis Okt. Maxima Juli und Aug. 1975. Spärlich Nov. und Dez. 1975.

- FO 1974 meist spärlich Juni bis Dez., häufiger im Juli. 1975 Juli bis Dez., sehr häufig im Aug., häufig im Okt. und Nov., vereinzelt im Dez. Sonst spärlich. (siehe Abb. 47, 48) Erster Wiederfund in Franken seit REINSCH 1867. +)
45. *Pediastrum tetras* (EHR.) RALFS HN Vereinzelt Juni und Dez. 1973 sowie März und Juni 1975.
46. *Planktosphaeria gelatinosa* HN 1973 ganzjährig, häufig Jan. G.M.SMITH und Mai, selten Dez. 1973 bis Febr. 1974. Spärlich Juni, Aug. und Sept. 1974. Spärlich Febr. bis Dez. 1975. (siehe Abb. 52, 54)
- FO Spärlich bis mäßig häufig April bis Aug. 1974, März, April, Juli und Okt. 1975.
47. *Raphidium contortum* HN Spärlich bis mäßig häufig März (THUR.) LEGN. und April 1973. Selten Sept. 1973 und Jan. 1974. Spärlich März, April, vereinzelt Nov. 1974. Spärlich bis mäßig häufig Febr. bis Mai und Juli 1975.
48. *Scenedesmus abundans* HN Mäßig häufig Okt. 1973, spärlich (KIRCH.) CHOD. Dez. 1973. Spärlich bis mäßig häufig Jan. bis April, Juni und Sept. bis Dez. 1974. Spärlich Jan., Febr. und April 1975, häufiger Juni und Juli.
- FO Spärlich oder vereinzelt April, Juni und Juli 1974, April, Juni und Sept. 1975. (siehe Abb. 32).
49. *Scenedesmus acuminatus* HN Mäßig häufig Juni bis Nov. 1973. CHOD. Vereinzelt Jan. 1974. Von April bis Dez. 1974 ständig, meist spärlich im Plankton. 1975 von Jan. bis Juli spärlich, April und Mai mäßig häufig, selten Nov. und Dez. 1975.
- FO Mäßig häufig bis spärlich März bis Nov. 1974, Febr. bis Dez. 1975.
50. *Scenedesmus arcuatus* HN Vereinzelt Nov. 1973, Jan. und LEMM. März 1974.
51. *Scenedesmus arcuatus* HN Vereinzelt Juni, Juli und var. *platydiscus* KORS. Aug. 1975.
- +) *Pediastrum sturmi* REINSCH wurde ebenfalls aufgefunden. Nach SULEK (1969) ist diese Art jedoch zu *P. simplex* gehörig. Sie wurde daher nicht in die Liste der gefundenen Taxa aufgenommen. (siehe auch Abb. 43 und 44).

52. *Scenedesmus bijugatus*
KÜTZ. HN Selten Juni und Okt. 1973.
Spärlich März, Juni und Aug.,
häufiger Sept. 1974. Spärlich
Mai bis Juli 1975.
FO Vereinzelt Mai und Aug. 1974,
Juli und Aug. 1975.
B-mesosaprob (siehe Abb. 34).
53. *Scenedesmus denticulatus*
LAGERH. HN Selten Sept. und Okt. 1973.
Vereinzelt Jan., spärlich Aug.
1974. Spärlich bis vereinzelt
Juni und Juli 1975.
54. *Scenedesmus disciformis*
CHOD. HN Vereinzelt oder spärlich Juni,
Juli und Okt. 1973. Spärlich
Juli bis Sept. und Nov. 1974.
Vereinzelt April, Sept. und
Okt. 1975. (siehe Abb. 35).
FO Vereinzelt Juli, Aug. und Sept.
1974.
55. *Scenedesmus hystrix*
LAGERH. HN Vereinzelt Mai 1974, Mai und
Juni 1975.
56. *Scenedesmus obliquus*
KÜTZ. HN Spärlich Mai, Juni, Okt. und
Dez. 1973. Vereinzelt Aug. 1974.
Spärlich Mai, Juli, vereinzelt
Nov. 1975. (siehe Abb. 31, 32).
FO Mäßig häufig April und Sept.
1974 und Aug. 1975.
B bis -eutroph
57. *Scenedesmus opoliensis*
RICHT. HN Mäßig häufig Juli und Sept. bis
Nov. 1973. Spärlich bis ver-
einzelt März bis Dez. 1974.
Mäßig häufig April, Mai 1974.
Spärlich Jan. bis März, Juni
und Juli, mäßig häufig im Okt.
1975.
FO Spärlich bis mäßig häufig April
bis Sept. und Dez. 1974, sowie
Febr. bis Sept. 1975. Häufig
April 1975. (siehe Abb. 32).
58. *Scenedesmus quadricauda*
BREB. HN Häufig April bis Okt. 1973.
Weniger häufig Nov. 1973 bis
Febr. 1974. Ganzjährig 1974,
häufig Juli und Aug. Ganzjährig
1975, häufig Mai, Juli und Aug.
FO Mäßig häufig, selten spärlich
ganzjährig 1974 und 1975.
Häufig Juli 1974, April und Aug.
1975. Vereinzelt Dez. 1974 und
1975. (siehe Abb 31 und 35).
B-mesosaprob

59. *Selenastrum bibraianum*
R.H. SCOTT HN Vereinzelt Okt. 1973, Aug. 1974.
60. *Schroederia setigera*
(SCHRÖD.) LEMM. HN Vereinzelt Juli 1973. Spärlich
Sept. und Okt. 1974.
61. *Schroederia spiralis*
(PRINTZ) KORS. HN Vereinzelt Sept. 1973 und 1974.
Spärlich Juni bis Aug. 1975.
62. *Siderocystis fusca*
KORS. HN Vereinzelt Aug. und Sept. 1974
sowie Juli 1975.
FO Vereinzelt Mai 1975.
63. *Tetraedron caudatum*
(CORDA) HANSG. HN Häufig Juli bis Okt. 1973,
Maximum im Juli. Spärlich Jan.
und Nov. 1974 und Febr. 1975.
Plankter sauberer Gewässer.
64. *Tetraedron incus*
G.M. SMITH HN Häufig Juli bis Okt. 1973, ver-
einzelt April 1975.
65. *Tetraedron minimum*
(BRAUN) HANSG. HN Mäßig häufig bis häufig Juli
bis Nov. 1973, sehr häufig
Sept. und Okt. 1973. Spärlich
Dez. 1973 bis April 1974. Häufig
Aug. bis Okt. 1974. Ganzjährig
1975, außer Dez., spärlich bis
mäßig häufig. (siehe Abb. 31).
FO Spärlich Mai, Juni, Sept. und
Okt., vereinzelt Dez. 1974.
66. *Tetrastrum staurogeniae-*
forme TURPIN HN Vereinzelt April 1974, Juni
und Juli 1975.
67. *Treubaria euryacantha*
KORS. HN Vereinzelt Aug. und Sept. 1974.
68. *Treubaria triapendiculata*
(BERN.) KORS. HN Vereinzelt Juli bis Sept. 1973,
Nov. 1974, April 1975. Spärlich
Juni bis Aug. 1975.
FO Vereinzelt April 1975.

Sessile Fadenalgen:

1. *Cladophora fracta* KÜTZ. HN, FO Häufig am Rand des Hafen-
beckens und des Kanals.
2. *Ulothrix subtilissima*
RABENHORST HN Mäßig häufig in den warmen
Monaten im Plankton.
3. *Geminella minor* (NÄG.) HEER FO Vereinzelt April 1974, April
und August 1975.

VII. Conjugatophyceae

1. *Closterium acerosum*
(SCHFRANK) EHR. FO Spärlich Juni und Sept. 1974,
Juni und Juli 1975.
2. *Closterium aciculare*
WEST HN Mäßig häufig bis spärlich Okt.
1973 bis Jan. 1974 und März
1974. Spärlich Juni bis Nov.
1975. Mäßig häufig im Aug.,
vereinzelt im Dez. 1975.
FO Spärlich bis vereinzelt Juni 1974
1974, Aug. und Nov. 1975.
Plankter eutropher Gewässer
3. *Closterium diana*e
EHR. HN Vereinzelt April 1973, Juni 1974.
4. *Closterium lunula*
(MÜLL.) NITZSCH. FO Vereinzelt April und Aug. 1974,
April und Juli 1975.
5. *Closterium moniliferum*
EHR. HN Vereinzelt Mai 1973, März 1975.
FO Spärlich bis vereinzelt April,
Mai, Juni und Sept. 1974, sowie
März und Juni bis Dez. 1975.
6. *Closterium limneticum*
LEMM. HN Vereinzelt bis spärlich Aug.
bis Nov. 1974 und Febr. bis
April 1975.
FO Vereinzelt April, Sept. und
Dez. 1974 sowie April 1975.
7. *Cosmarium botrytis*
MENEGB. FO Vereinzelt Juni und Dez. 1974.
8. *Cosmarium formosulum*
HOFFM. HN Mäßig häufig Aug. bis Nov. 1974
und Mai bis Aug. 1975. Häufig
im Juli 1975.
FO Spärlich bis vereinzelt Mai,
Aug., Sept. 1974 und Juni 1975.
9. *Cosmarium humile* WEST HN Vereinzelt Sept. bis Nov. 1974.
10. *Cosmarium obtusatum*
SCHMIDLE HN Mäßig häufig Juni bis Okt.,
spärlich Nov. und Dez. 1973,
häufig Sept. 1973. Spärlich
bis mäßig häufig Jan., Febr.,
Mai, Sept., Nov. und Dez. 1974.
Vereinzelt Jan. bis März 1975.
Spärlich bis mäßig häufig April
bis Juni und Sept. bis Nov. 1975.
FO Spärlich Sept. bis Nov. 1974.
(siehe Abb. 55).

- | | |
|--|---|
| 11. <i>Cosmarium pygmaeum</i>
ARCH. | HN Sehr häufig im Sept. 1973,
häufig Okt. 1973 bis Febr. 1974.
Mäßig häufig April und Okt.
1974. Etwas spärlicher Febr.
und Mai bis Juli 1975. |
| | FO Vereinzelt Juli und Aug. 1974. |
| 12. <i>Cosmarium pyramidatum</i>
BREB. | HN Vereinzelt Juni, Okt., Nov.
1973, Jan. und Aug. 1974. |
| 13. <i>Cosmarium reniforme</i>
RALFS | HN Mäßig häufig Mai bis Nov. 1973,
häufig Okt. 1973. Spärlich
April bis Mai 1974, vereinzelt
Juni 1975. (siehe Abb. 56). |
| | FO Vereinzelt Juni und Sept. 1974. |
| 14. <i>Staurostrum aciculiferum</i>
(WEST) ANDERS | HN Spärlich bis mäßig häufig ab
Juni bis Nov. 1975, häufig im
Okt. 1975. (siehe Abb. 57, 59). |
| | FO Mäßig häufig Anfang Aug., ver-
einzelt Ende Aug. 1975. |
| 15. <i>Staurostrum anatinum</i> | HN Spärlich Juli bis Nov. 1975.
(siehe Abb. 58, 60). |
| 16. <i>Staurostrum gracile</i>
RALFS | HN Häufig Juli 1973, mäßig häufig
März bis Okt., selten Nov. und
Dez. 1973. Spärlich April,
mäßig häufig Juni bis Okt.,
spärlich bis vereinzelt Nov.
und Dez. 1974. Vereinzelt Jan.
und Febr. 1975, sehr häufig
Mai und Juni, häufig Juli,
mäßig häufig Aug. bis Okt.,
spärlich Nov. 1975. |
| | FO Spärlich April und Mai 1974.
Mäßig häufig Juli und Aug. 1975.
Spärlich Juni, Sept. und Okt.
1975. (siehe Abb. 51). |
| 17. <i>Staurostrum paradoxum</i>
MEYEN | HN Sept. und Okt. 1972 spärlich.
Mäßig häufig Juli 1973, ver-
einzelt Okt. und Nov. 1973.
Spärlich bis vereinzelt Juni
bis Okt. 1974. Spärlich April
bis Sept. 1975, mäßig häufig
nur im Mai. |

Anmerkung: Die Arten der Conjugatophyceen wurden vielfach nach den Bestimmungsbüchern "The British Desmidiaceae" von WEST vorgenommen. Es ist möglich, daß die Arten bei WEST nicht mit den Formen übereinstimmen, die in eutrophen Gewässern vorkommen.

VIII. Euglenophyceae

- | | | |
|--|----|---|
| 1. <i>Anisonema costatum</i>
KLEBS | NN | Nur zweimal im März 1973. |
| 2. <i>Colacium sideropus</i>
SKUJA | NN | Vereinzelte im Sommer 1974 und 1975 auf Zooplanktern. (siehe Abb. 44). |
| 3. <i>Euglena acus</i> EHR. | FO | Vereinzelte Juli 1975. |
| 4. <i>Euglena gracilis</i>
KLEBS | FO | Vereinzelte bis spärlich April und Mai 1974, April, Juni und Aug. 1975 |
| 5. <i>Euglena oxyuris</i>
SCHEMADA | NN | Vereinzelte April 1975. |
| | FO | Spärlich Juli, Aug., vereinzelte Nov. 1974. Häufig März und April 1975, vereinzelte Nov. 1975. |
| 6. <i>Euglena proxima</i>
DANG. | NN | Mäßig häufig April bis Juni 1973. |
| 7. <i>Euglena terricola</i>
(DANG.) LEMM. | FO | Vereinzelte März 1974 und Aug. 1975. |
| 8. <i>Euglena variabilis</i>
KLEBS. | NN | Spärlich Febr. und März, vereinzelte Juli 1975. |
| | FO | Vereinzelte bis spärlich Dez. 1974, März, Juli bis Sept. u. Dezember 1975. |
| 9. <i>Euglena viridis</i> EHR. | NN | Vereinzelte April und Mai 1973, Okt. 1974 und April 1975. |
| | FO | Meist spärlich April bis Sept. 1974, März, April und Nov. 1975.
In polysaprobien Gewässern |
| 10. <i>Euglena div. spec.</i> | NN | April bis Juni 1973, Juli u. Aug. 1974. Jan. bis April, Juni, Juli und Sept. 1975, meist spärlich. Häufig März 1975. Häufig in polysaprobien Gewässern. |
| 11. <i>Heteronema acus</i> (EHR.)
STEIN | FO | Vereinzelte Mai 1975 |
| 12. <i>Levocinclis ovum</i> LEMM. | NN | Spärlich bis vereinzelte Mai, Juni u. Aug. bis Nov. 1975. |
| 14. <i>Levocinclis texta</i> (DUJ.) | FO | Mäßig häufig Juli 1975, spärlich Aug. bis Okt. 1975. |
| 14. <i>Phacus pleuronectes</i> DUJ. | NN | Vereinzelte Sept. 1974. |

15. *Phacus tortus* (LEMM.)
SKVORTZ.

- HN Vereinzelt März und April 1973 und Sept. 1974. 1975 fast ganzjährig im Plankton. Vereinzelt bis spärlich Jan. bis Juli, mäßig häufig Aug., häufig Sept.; Okt. und Nov. wieder spärlich.
- FO Spärlich Mai und Nov. 1974 sowie Juni bis Nov. 1975.

16. *Trachelomonas hispida*
STEIN

- HN Spärlich Juli 1973, Jan., Febr. und Mai 1974. Mäßig häufig im Aug. 1974. Spärlich bis vereinzelt Sept. und Nov. 1974. Spärlich Jan. bis Aug. 1975, häufig nur Anfang April 1975.
- FO Spärlich April, Mai und Dez. 1974. Vereinzelt Jan., spärlich April, Okt. und Nov. 1975, mäßig häufig bis häufig Juli 1975.

IX. Cryptophyceae

1. *Chroomonas* div. spec.

- HN Spärlich bis vereinzelt Dez. 1972, Jan. und Okt. 1973, April, Juli und Okt. 1975.
- FO Vereinzelt Juni 1974, März und April 1975.

2. *Cryptomonas curvata* EHR.

- HN Mäßig häufig Dez. 1972 und Jan. 1973. Vereinzelt März bis Mai 1973. Spärlich Sept. bis Nov. 1973. Mäßig häufig Jan. 1974. Spärlich Nov. 1974, Jan. und Okt. 1975.

3. *Cryptomonas rostratiformis*
SKUJA

- HN Vereinzelt Juli und Dez. 1973, Jan. und Febr. 1974.

4. *Cryptomonas* div. spec.

- HN Juni bis Okt. 1973, Jan., Nov. und Dez. 1974, Febr., März, Juli, Nov. und Dez. 1975.
- FO Spärlich Juli, vereinzelt Nov. und Dez. 1974. Mäßig häufig Aug. 1975. (vergl. Abb. 68, 69).

X. Chloromonadophyceae

1. *Vacuolaria viridis*
(DANG.) SENN

- HN Vereinzelt Dez. 1973 und Febr. 1974.

3.2.5. Beobachtete Zooplankter

Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da das Hauptaugenmerk auf die Bestimmung des Phytoplanktons gerichtet war. Es wurden nur die in den Netzproben gefundenen Zooplankter bestimmt. Dabei vorkommende sessile Arten werden häufig durch die von den Schiffsschrauben erzeugte Turbulenz ins Plankton verfrachtet.

I. Testacea

- | | | |
|--------------------------------------|----|-------------------|
| 1. Arcella discoides EHRENB.ERG | FO | eutrophe Gewässer |
| 2. Arcella vulgaris EHRENB.ERG | FO | |
| 3. Pseudocyclops opercularis EHRENB. | FO | |

II. Heliozoa

- | | | |
|--|----|-----------------------------|
| 1. Actinosphaerium eichhornii
EHRENB.ERG | HN | a-mesosaprob (siehe Abb. 6) |
| 2. Chlamydomonas laciniatus
(PENARD) RAINER | HN | |

III. Ciliata

A. Holotricha

- | | | |
|----------------------------------|----|-------------------|
| 1. Chilodonella ucinata EHRENB. | FO | a-mesosaprob |
| 2. Didinium nasutum O.F. MÜLLER | FO | eutrophe Gewässer |
| 3. Homalozoon vermiculare STOKES | FO | eutrophe Gewässer |
| 4. Lionotus fascicola O.F. MÜLL. | FO | a-mesosaprob |
| 5. Paramecium aurelia EHRENB.ERG | FO | |
| 6. Paramecium bursaria FOCKE | FO | eutrophe Gewässer |
| 7. Paramecium caudatum EHRENB. | FO | a-mesosaprob |
| 8. Spathidium spatula O.F. MÜLL. | FO | polysaprob |

B. Peritricha

- | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|
| 1. Carchesium pectinatum KAHL | HN | |
| 2. Carchesium polypinum LINNE | FO | a-mesosaprob |
| 3. Epistylis rotans SVEB | HN | |
| 4. Vorticella campanula EHRENB. | HN | |
| 5. Vorticella microstoma EHRENB. | FO | a-mesosaprob |
| 6. Vorticella convallaria LINNE | FO | a-mesosaprob |
| 7. Vorticella lamella EHRENB.ERG | FO | |
| 8. Zoothamnium ramosissimum
JOMER | HN, FO | eutrophe Gewässer |

Anmerkung: FO = Kanalgebiet bei Forchheim, HN = Hafen Nürnberg

3. *Spiridictia*

- | | | |
|--------------------------------------|--------|------------------|
| 1. <i>Epilixella striata</i> KANEL | FC | polysaprob |
| 2. <i>Eubolotes charon</i> EHRENBURG | HN, FC | in Sapropelagium |
| 3. <i>Oxytricha fallax</i> KANEL | FC | |
| 4. <i>Pelodinium reniforme</i> | FC | polysaprob |

EUTROPHIC

- | | | |
|---|----|-----------------|
| 5. <i>Spiristorum ambiguum</i> C.F. MÜLL. | FC | a-mesosaprob |
| 6. <i>Spiristorum teres</i> JIAP, LACHM. | FC | |
| 7. <i>Stentor coeruleus</i> EHRENBURG | FC | a-mesosaprob |
| 8. <i>Tintinnidium fluviatile</i> STEIN | HN | (siehe Abb. 58) |
| 9. <i>Tintinnidium lacustris</i> STEIN | HN | (siehe Abb. 59) |

IV. Suctorina

- | | |
|---------------------------------------|----|
| 1. <i>Tetraphrya infusionum</i> STEIN | FC |
|---------------------------------------|----|

V. Rotatoria

- | | |
|--|------------------------|
| 1. <i>Asplanchna priodonta</i> GOSSE | HN |
| 2. <i>Brachionus angularis</i> GOSSE | HN |
| 3. <i>Brachionus calyciflorus</i> var.
pala EHRENBURG | HN |
| 4. <i>Keratella cochlearis</i> GOSSE | HN, FC (siehe Abb. 57) |
| 5. <i>Keratella quadrata</i> EHRENBURG | HN, FC (siehe Abb. 56) |
| 6. <i>Polyarthra dolichoptera</i> IDELSON | HN, FC |
| 7. <i>Polyarthra major</i> BURGHARDT | HN |
| 8. <i>Polyarthra remata</i> SKORIMOW | HN |
| 9. <i>Rotatoria neptunia</i> EHRENBURG | FC polysaprob |
| 10. <i>Rotatoria rotatoria</i> FALLAS | FC |

VI. Nematodes

- | | |
|------------------------------------|--------|
| 1. <i>Monhistera similis</i> BAST. | HN, FC |
|------------------------------------|--------|

VII. CrustaceaA. Phyllopoda

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. <i>Bosmina longirostris</i> C.F. MÜLL. | HN, FC |
| 2. <i>Daphnia longispina</i> C.F. MÜLLER | HN |
| 3. <i>Diaphanosoma brachyurum</i> LIEVEN | HN eutrophe Gewässer |
| 4. <i>Leptodora kindtii</i> FOCKE | HN |
| 5. <i>Moina rectirostris</i> LEYDIG | HN meist in gut gedüngten Teichen |
| 6. <i>Uemphius</i> div. spec. | HN |

VIII. Bryozoa

1. *Hyalinella punktata* HANC. HN

IX. Insektenlarven

1. *Chironomus plumosus* LINNE HN eutrophe Gewässer

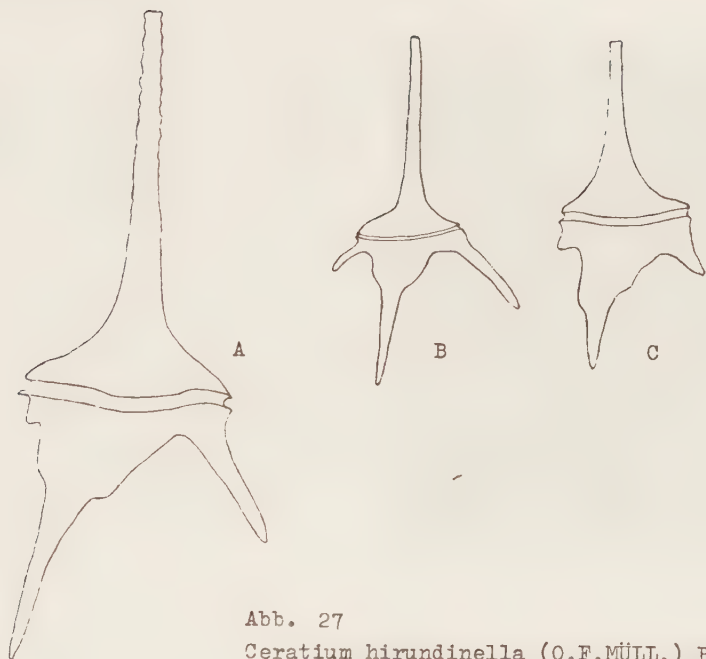


Abb. 27

Ceratium hirundinella (O.F.MÜLL.) BERGH.
fa. *austriacum* (ZEDERBAUER) BACHMANN

- A nach eigener Zeichnung
B nach ENTZ (ungarisches Material)
C nach SCHRÖDER schematisiert



Abb. 28

Pseudostaurastrum hastatum (P. *limneticum*)



Abb. 29

Apollon (Apollon) ...
... ..



Abb. 30

Apollon (Apollon) ...

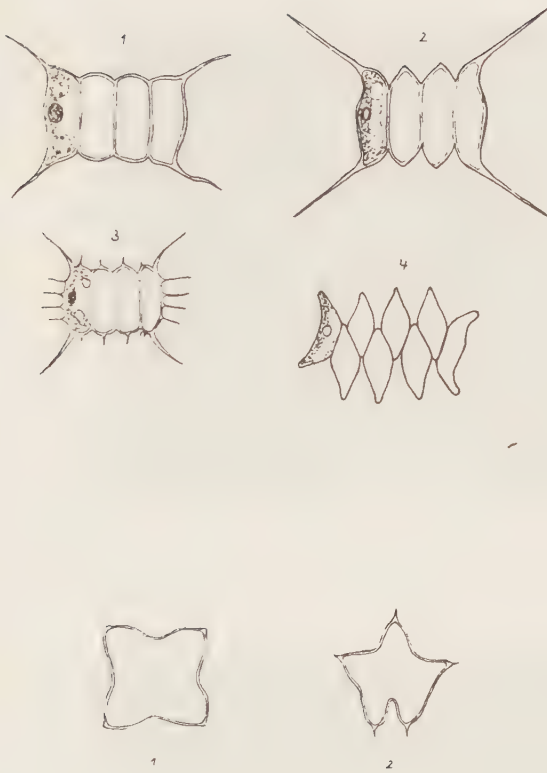


Abb. 31

Oben: 1 *Scenedesmus quadricauda*

2 *Scenedesmus opoliensis*

3 *Scenedesmus abundans*

4 *Scenedesmus obliquus*

Abb. 32

Unten: 1 *Tetraedron minimum*

2 *Tetraedron caudatum*



Scenedesmus abundans

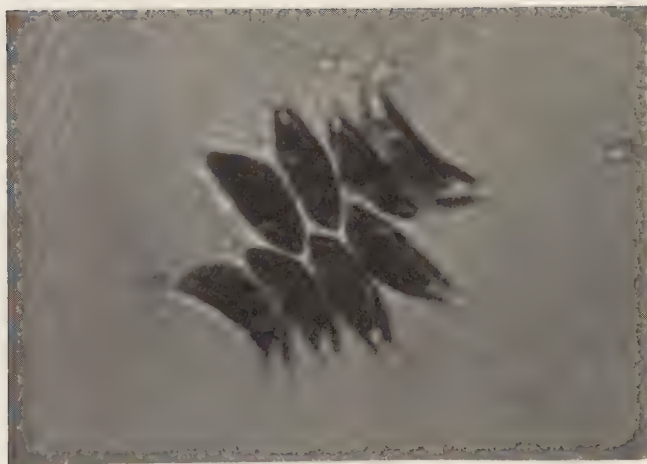


Abb. 33
Scenedesmus obliquus

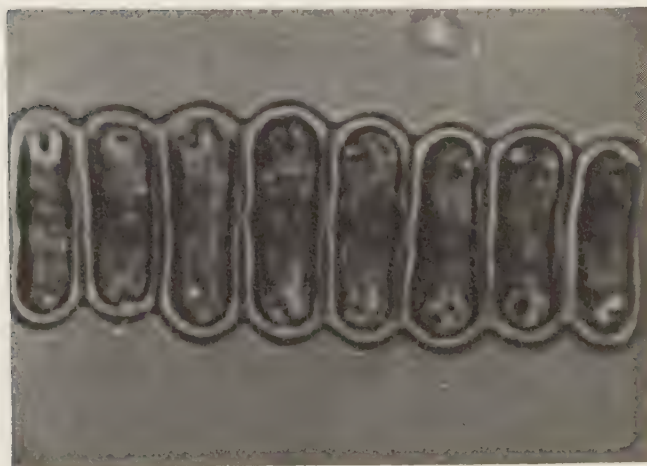


Abb. 34
Scenedesmus bijugatus



Fig. 35. *iciformis*



Fig. 36. *iciformis*

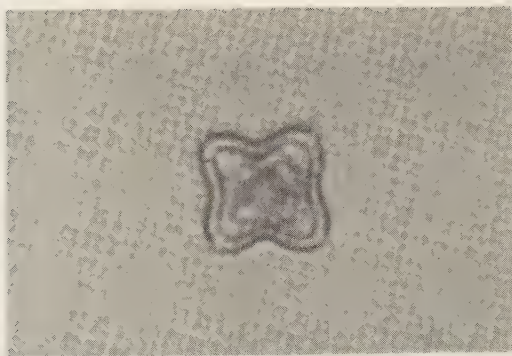


Abb. 37
Tetraedron minor



Abb. 38
Tetraedron elongatum

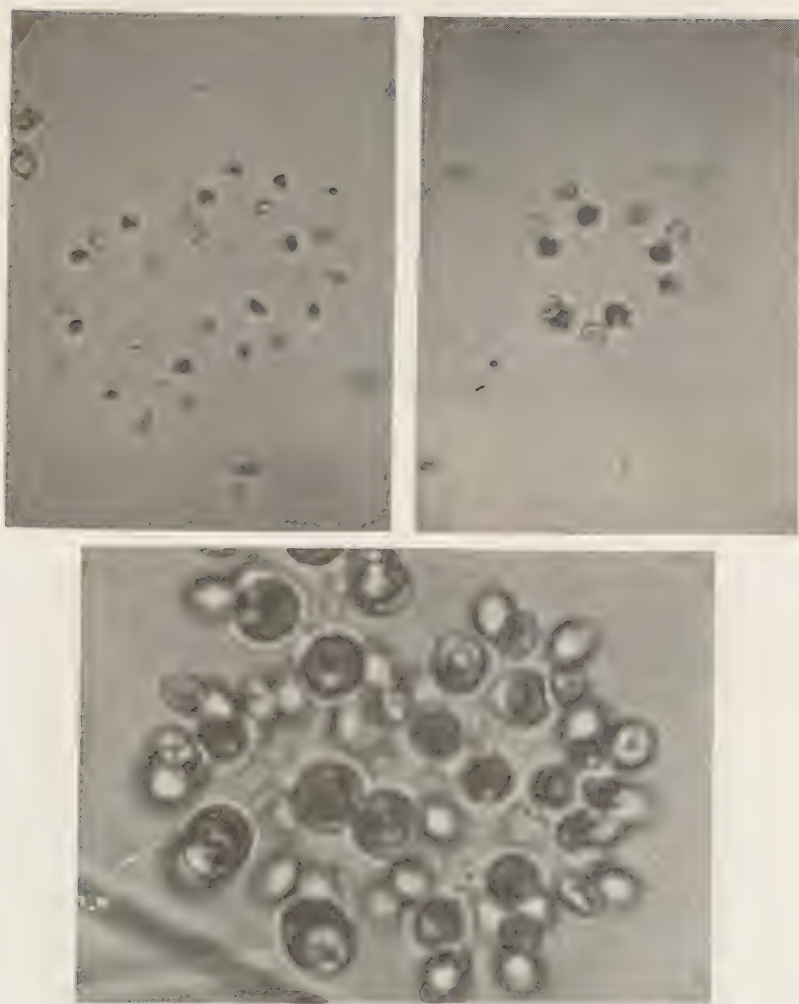


Abb. 39 *Dictyosphaerium pulchellum*



Abb. 40
Lagerheimia genevensis



Abb. 41
Choctatella ciliata

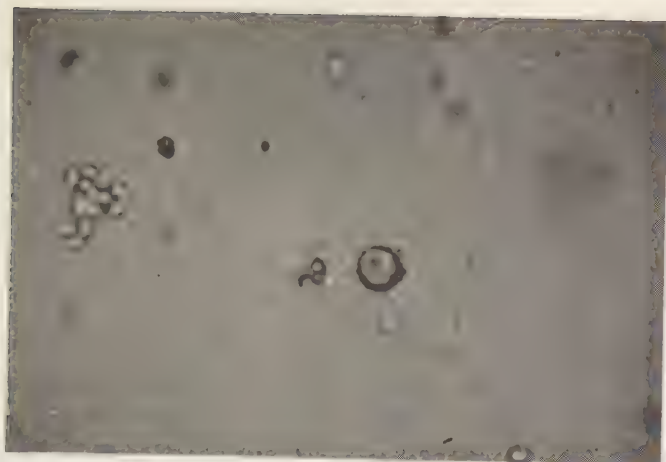


Abb. 42
Actinastrium hantzschii



Abb. 43
Actinastrium hantzschii

10 μ m

Abb. 44
Colacium sideroporus

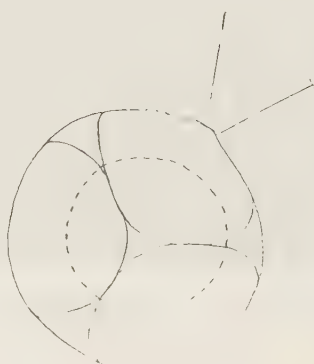


Abb. 45
Colacium sideroporus

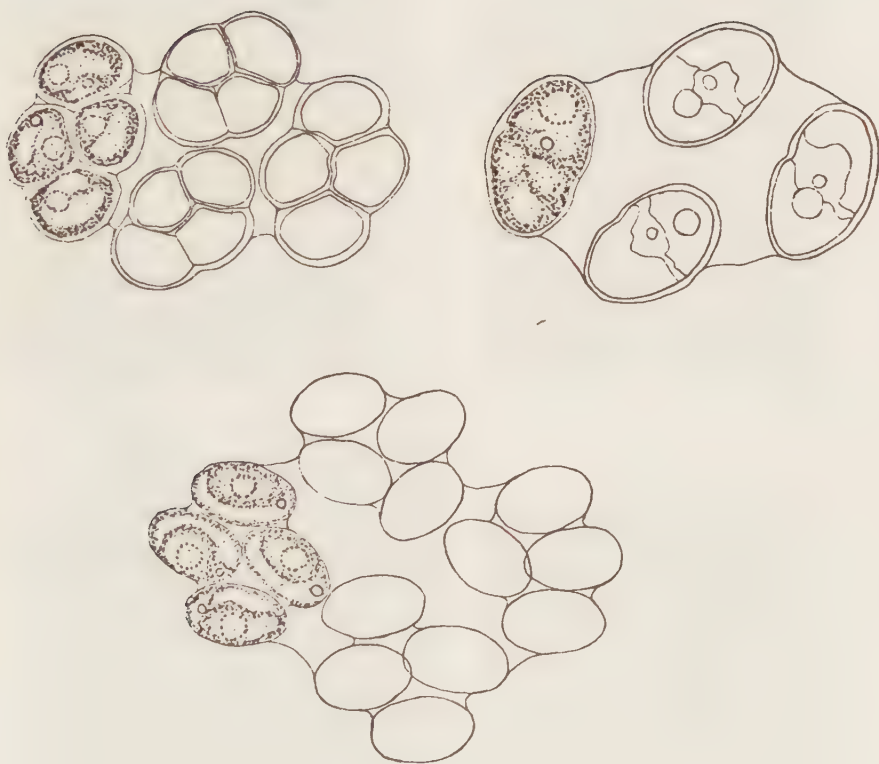


Abb. 46 *Crucigenia irregularis* var. *pyrenogera* WILLE +)

+) Anmerkg. Die oben abgebildete Alge gehört sicher nicht zur Gattung *Crucigenia*. Die Umstellung in eine eigene neue Gattung ist zur Zeit in Vorbereitung.



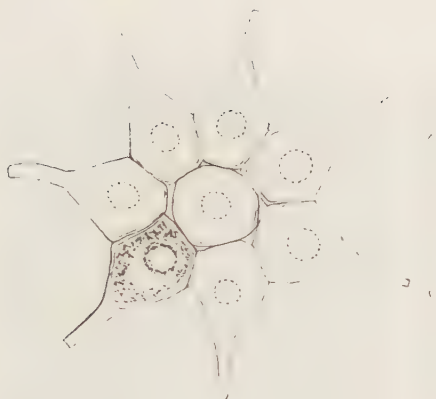


Abb. 48
Pediasium simplex

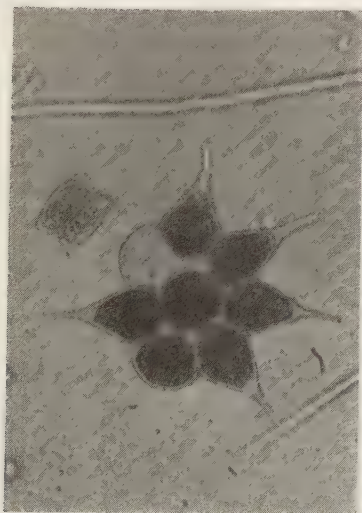


Abb. 49
Pediasium sturmii
 nach SULEK zu *P. simplex*
 verändert.

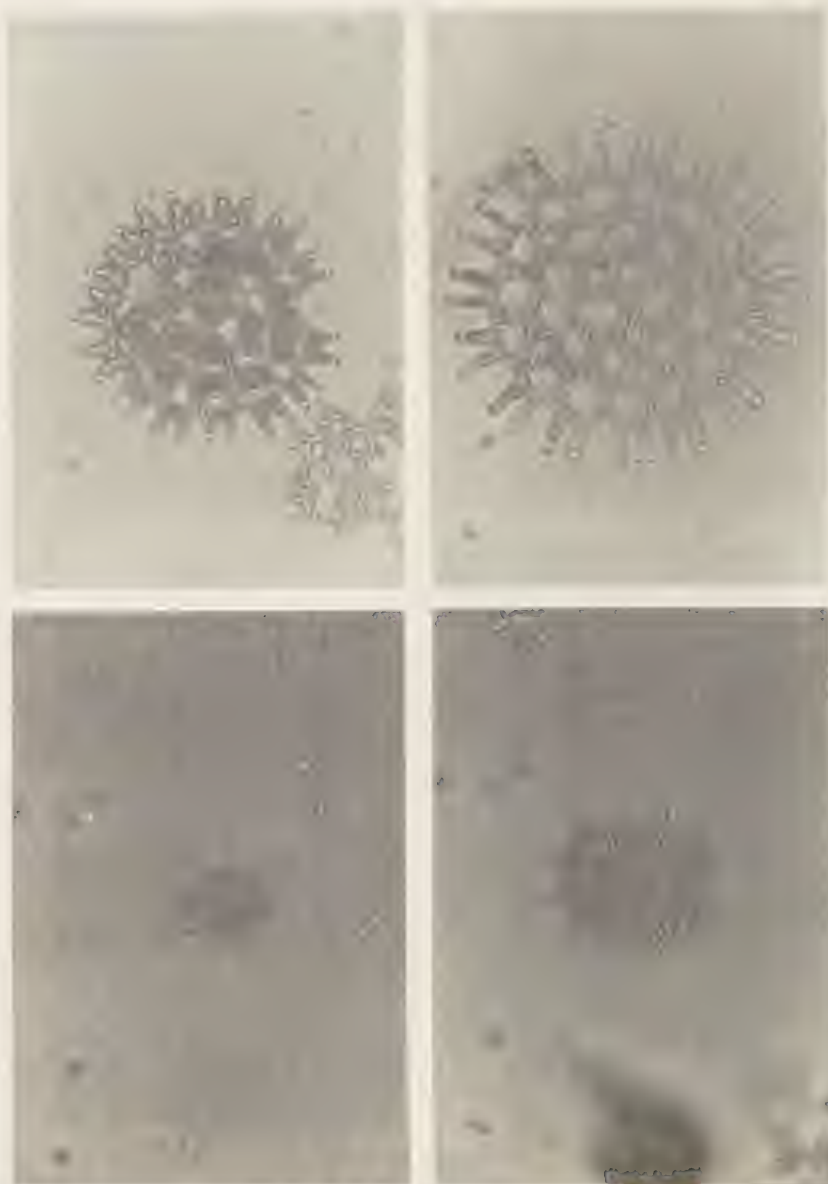


Abb. 50 (oben) *Pediasium duplex*

Abb. 51 (unten) *Pediasium boryanum*

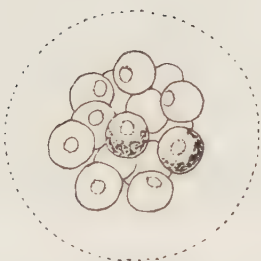
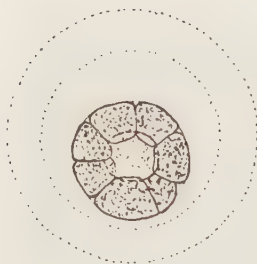


Abb. 52
Planktosphaeria gelatinosa

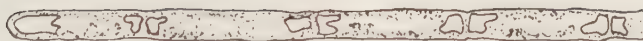


Abb. 53
Oscillatoria redeckeii (nach HEYNIG 1970)

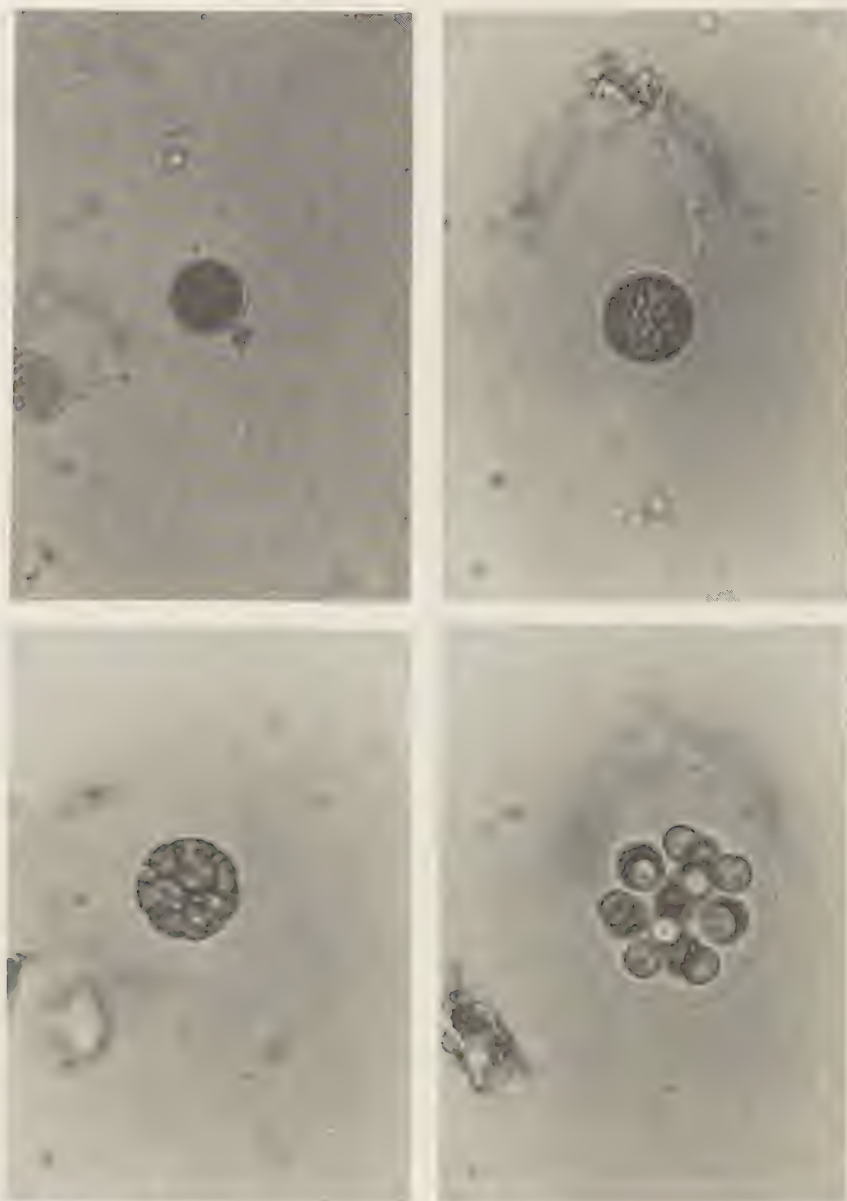


Abb. 54

Planeteosphaeria palatinosa (verschiedene Entwicklungsstadien)

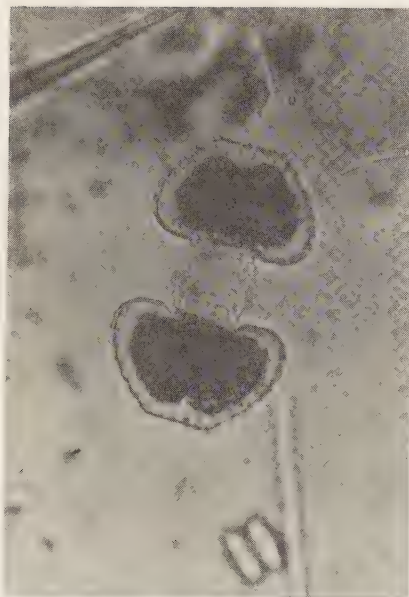


Abb. 55

oben

Cosmarium obtusatum

oben rechts

Teilungsstadium

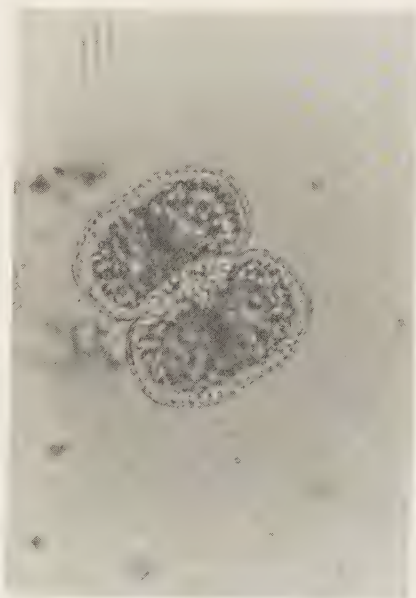


Abb. 56

unten rechts

Cosmarium reniforme

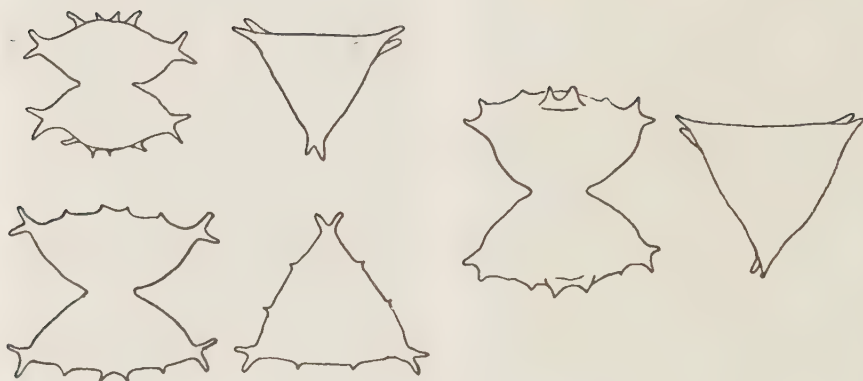


Abb. 57

Staurastrum aciculiferum

links nach eigenen Zeichnungen, rechts nach WEST

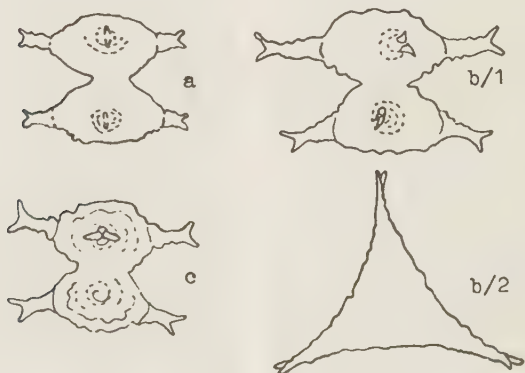


Abb. 58

*Staurastrum anatinum*a nach WEST (var. *Lagerheimii* SCHMIDLE)b nach WEST (var. *truncatum* WEST)

c nach eigener Zeichnung (im Hafen Nürnberg gefundene Form)



Abb. 59
Staurastrum aciculiferum



Abb. 60
Staurastrum anatinum



Abb. 61
Staurastrum



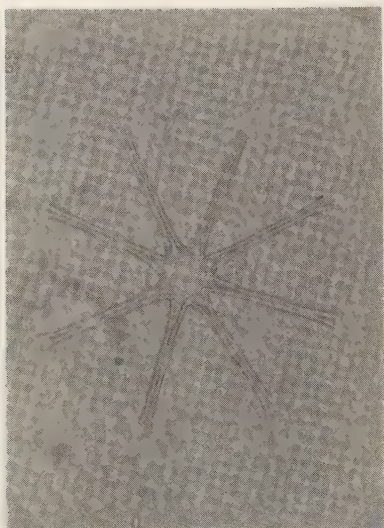


Abb. 62
Asterionella formosa



Abb. 63
Synedra ulna



Abb. 65
Synedra acus

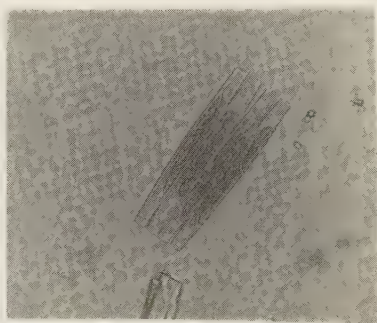


Abb. 64
Fragillaria crotonensis



Abb. 66
Fragillaria capucina

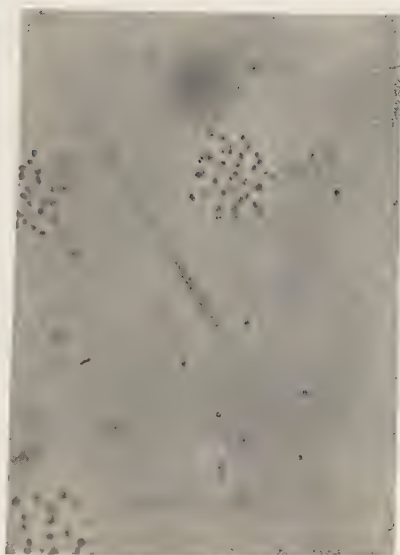


Abb. 67
Closterium aciculare



Abb. 68
Cryptomonas erosa



Abb. 69
Cryptomonas spec.



Abb. 70

Elakatothrix lacustris

Abb. 71

Dinobryon divergens



Abb. 72
Keratella quadrata

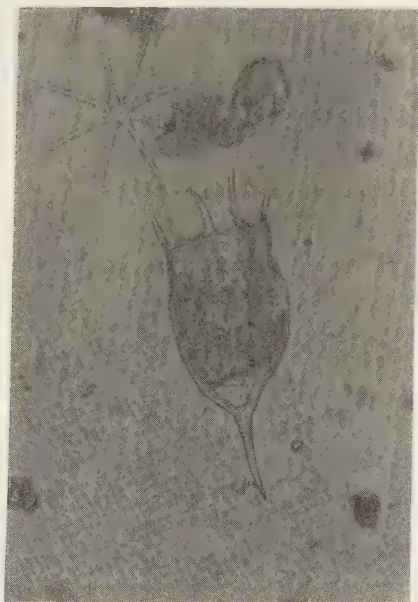


Abb. 73
Keratella cochlearis

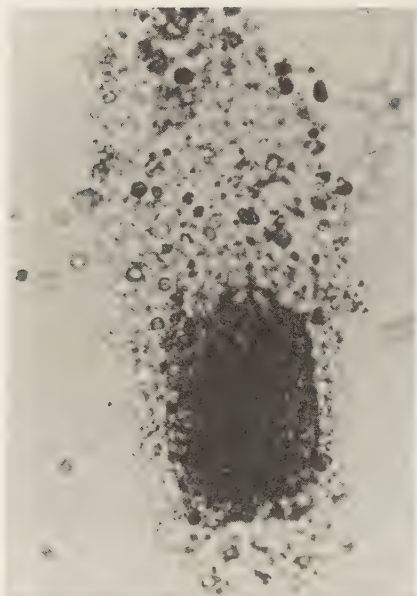


Abb. 74

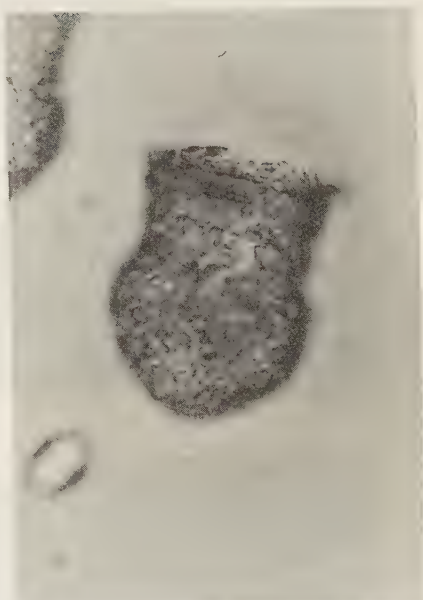
Trichocystis flavicincta

Abb. 75

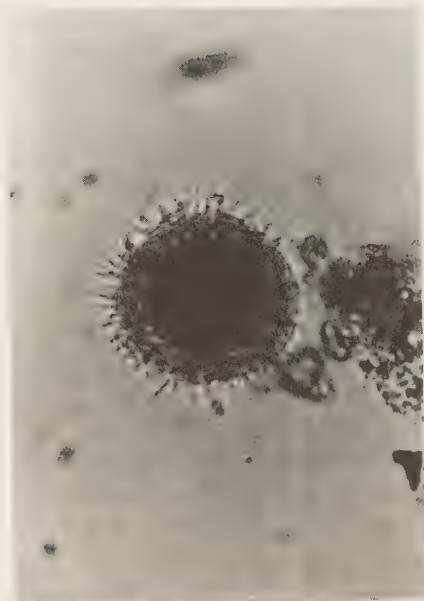
Trichocystis lacustris

Abb. 76

Actinosphaerium eichhorni

3.2.6. Vespereckung häufig vorkommender und taxonomisch interessanter Arten.

Aphanizomenon flos aquae (L.) RALLS

Diese Art wurde das erste Mal im Sommer 1974 in geringer Menge gefunden. Ihre besonders starke Entwicklung zeigte sie von Juni bis Dezember 1975 (vergl. Abb. 21). Die niederschlagsarmen und recht warmen Herbstmonate (vergl. Tab. 1) führten zu einer Wasserblüte dieser Blaualge. Im Oktober wurden 7 450 000 Zellen pro Liter gezählt. Diese Cyanophyceae ist die charakteristische Alge stark gedüngter Fischteiche (vergl. WUNDER, UTERMÖHL, OHLE 1937) und stark phosphatbedürftig.

Microcystis KÜTZING

Bei der Bestimmung von *Microcystis* ist es oft recht schwierig *Microcystis aeruginosa* und *Microcystis flos aquae* zu trennen. Wie bei vielen Cyanophyceen ist die nomenklatorische Situation verworren. Nach TEILING (1946) sind beide Formen eindeutig getrennt. Danach waren die meisten im Hafen festgestellten Kolonien *Microcystis flos aquae*. Bei ELENKIN (1936), KOMAREK (1958) und POTT (1971) sind beide Formen nur Varietäten einer Art. Beide Arten besitzen Gasvakuolen und schwimmen an der Wasseroberfläche. Starke Verbreitung zeigen sie in eutrophen Gewässern.

Oscillatoria agardhii GOMONT

Diese Art steht in sehr naher Verwandtschaft zu *Oscillatoria rubescens* GOM. Sie sind beide durch die gleiche Morphologie gekennzeichnet. Der einzige bemerkenswerte Unterschied liegt in der Färbung, die bei *O. agardhii* blaugrün bis gelblich und bei *O. rubescens* rosa ist. In Kulturen ändern aber einige Stämme von *O. rubescens* ihre Farbe in blaugrün, wie überhaupt alle Merkmale beider Arten stark variieren (vergl. KOMAREK 1958). *Oscillatoria agardhii* war jedes Jahr im Winterplankton des Hafens zu finden, wobei sie im Winter 1973 / 74 besonders häufig auftrat (vergl. Abb. 20).

Oscillatoria redeckei VAN GOOR

In den Trichomen fallen die stark lichtbrechenden unterschiedlich großen Gasvakuolen auf. Daran ist diese Art relativ leicht erkenntlich (siehe Abb. 53). Die Vakuolen liegen an den fast unsichtbaren Querwänden. Die Trichome waren meist schwach gelblichgrün, gerade oder nur wenig gebogen. Die Einschnürungen zwischen den Zellen waren oft nur angedeutet. Diese Alge ist besonders aus norddeutschen Seen bekannt. Die Art gilt als Indikator für Schwefelwasserstoff (WUNDSCHE zit. in HUBER-PESTALOZZI 1938, vergl. auch MÜLLER 1975). Obwohl die Alge im Nürnberger Hafen besonders im Herbst 1975 (vergl. Abb. 21) sehr häufig vorkam, konnte kein erhöhter Schwefelwasserstoffgehalt festgestellt werden (3,14 mg H_2S/l). Typisch ist, daß neben *O. redeckei* gewöhnlich *Aphanizomenon flos aquae*, *A. gracile* und *O. agardhii* auftreten.

Dinobryon divergens IMHOFF

Im Hafen kam diese Alge spärlich im Januar und Februar 1973 und 1974 vor. Im Kanalgebiet bei Forchheim zeigte sie sich häufiger. *Dinobryon divergens* gehört zu den Bewohnern eutropher Seen, kommt aber auch in Gewässern vom oligotrophen Typus vor. Die Hauptvegetationszeit fällt meist in den Sommer, findet sich aber außerdem im Frühjahr und im Spätherbst (vergl. GLENK 1956). Siehe dazu Abbildung 67.

Mallomonas PETRY

Unter diesen Monaden konnten drei Arten bestimmt werden.

Mallomonas acaroides PETRY

kam selten im September und Oktober 1973 und häufiger im März 1974 vor. Sie war auch vereinzelt im Januar 1975 zu finden.

Mallomonas akrokemos RUTNER

trat vereinzelt im Januar und Februar 1973 und 1974 auf. Die Zellen zeigten die typische Spindelform mit dem langausgezogenen spitzen Hinterende. Die Länge der Zellen insgesamt betrug 17 - 23 μm , die Breite 3 - 4 μm . Die Nadeln am Vorderende waren körperlang. Von 14 gefundenen Monaden hatten 10 nur vier Nadeln am Vorderende. Auf Grund der geringen Länge der Zellen könnte es sich um die Varietät *parvula* CONRAD handeln. *Mallomonas akrokemos* wird als kaltstenotherme Art in oligotrophen und eutrophen Gewässern beschrieben.

Mallomonas tonsurata TEILING

kam spärlich bis vereinzelt im Frühjahr und im Herbst vor. Die Zellen trugen am Vorderende kürzere (bis 10 μm) und längere (bis 26 μm) Nadeln. Die Körperlänge schwankte zwischen 24 und 30 μm . Bei drei Zellen betrug die Länge 15 μm . Das Vorderende erschien leicht gezähnt. Es könnte sich hier um die Varietät alpina KRIEGER gehandelt haben.

Die während der 50er und 60er Jahre im Gebiet Dechsendorf-Möhrendorf auftretende *Mallomonas* schwärmlei GLENK (GLENK 1956, GLENK und FOTT 1971) konnte im Europakanal nicht gefunden werden.

Pseudostaurastrum hastatum (REINSCH) CHODAT

Diese Art besitzt tetraedrische Zellen, deren vier kreuzförmige Fortsätze nicht in einer Ebene liegen. Sie gabeln sich in zwei oder drei Verzweigungen mit kleinen Stacheln. Dieser Typ wird vielfach in der Literatur auch als eigene Form *Pseudostaurastrum limneticum* (SORGE) CHODAT angegeben, früher als *Tetraedron limneticum* SORGE. Er unterscheidet sich von *P. hastatum* (Gattungstypus) durch die Verzweigung der Fortsätze (vergl. Abb. 29).

Asterionella formosa HASSALL

Diese charakteristisch geformte Kieselalge (je etwa acht Zellen sind zu einer sternförmigen Kolonie vereinigt, vergl. Abb. 62) war im Hafengebiet häufig zu finden (vergl. Abb. 21). In großer Anzahl trat sie von Dezember 1972 bis April 1973 auf, mit einem Maximum unter der Eisdecke von 4 800 000 Kolonien pro Liter. Im Jahre 1974 zeigte sie sich seltener. Im November 1974 erreichte sie 2 490 000 Kolonien pro Liter. Bei seinen Untersuchungen im "Croze Mere" beschrieb REYNOLDS (1972) ein ähnliches jahreszeitliches Auftreten von *Asterionella formosa*: Das erste Jahresmaximum lag meist in den Monaten Februar bis Mai. Im Jahre 1970/71 fand er ein Ausbleiben des Frühjahrsmaximums, dafür aber eine gut ausgeprägte Population während der Wintermonate.

Asterionella formosa ist ein typischer Plankter eutropher Gewässer und gilt als Leitorganismus für die β -mesosaprobe Wasserzone.

Fragillaria crotonensis KITTON

Die Zellen bilden lange geschlossene Bänder. Diese sind häufig verdreht. Die Alge kommt meist als Massenform in nährstoffreichen Gewässern vor. Im Hafengebiet und im Kanal trat sie nicht in großen Mengen auf. Der höchste Zählwert lag bei 85 000 Coenobien pro Liter. Ab April 1975 fehlten die *Fragillaria*-Arten im Plankton des Nürnberger Hafens. (Abb. 64 zeigt die typische Zellanordnung der Art).

Stephanodiscus hantzschii GRUNOW

Diese Kieselalge beherrschte 1973 den Frühjahrsaspekt des Planktons (Februar bis April). Durch die milden Winter 1974 und 1975 zeigte sie in diesen Jahren bereits ab November hohe Abundanzwerte. Die höchsten Zellzahlen wurden am 21.2. und am 13.3.1973 mit je 41 000 Zellen pro Milliliter gefunden. Im Januar 1974 waren es "nur" 24 100 Zellen / ml und im Januar 1975 18 540 Zellen / ml (vergl. dazu auch Abb. 20 und 21). Im Vergleich zu anderen Literaturangaben sind die ermittelten Zellzahlen gering. THIENEMANN (1972) gibt für den großen Eutiner See 226 000 Zellen / ml an und UTERMÜHL (1925) stellte im Heidensee 43 000 Zellen / ml fest. HEYNIG zählte 1962 in der Saale bei Weißenfels 90 000 Zellen und in dem Helme-Staubecken 40 000 Zellen / ml.

Der Durchmesser der Zellen betrug 8 - 13 μ m, meist lag er jedoch bei 10 μ m. Die meisten Zellen trugen lange Schwebeborsten. Im Hafen war keine Kettenbildung zu beobachten, aber im Frühjahr 1973 fand man im Europakanal häufig langgliedrige Kettenkolonien in den Lebendproben. Beim Fixieren zerfielen die Ketten.

Stephanodiscus hantzschii gilt als Charakterform stark eutropher Gewässer. Nach LIEBMANN zählt diese Alge zu den Leitformen α -mesosaprobier Wasserzonen.

Synedra acus KÜTZING

Seit April 1973 war diese Art fast ständig im Plankton des Nürnberger Hafens. Sehr häufig kam sie im September und Oktober 1973 und ebenfalls von Januar bis April 1974 vor (vergl. Abb. 20 und 21). Der höchste Abundanzwert lag bei 3 070 000 Zellen pro Liter. Im Kanalgebiet bei Forchheim war *Synedra acus* seltener. Sie zeigte sich vor allem im Frühjahr und im Spätherbst. Das stärkste Vorkommen war

Anfang Oktober 1974 mit 498 000 Zellen im Liter.

Diese Alge wird als Indikatorform B-mesosaprober Gewässer gewertet (siehe dazu Abb. 65).

Vereinzelte wurde in den Winter- und Frühjahrsmonaten 1974 im Hafen auch *Synedra acus* var. *angustissima* GRUN. gefunden, die durch ihre Zellgröße leicht gegen *S. acus* abzugrenzen ist.

Ceratium hirundinella (O.T. MÜLL.) BERGH.

fa. *austriacum* (ZEDERBAUER) BACHMANN

Kam im Hafenbecken mäßig häufig bis spärlich im September und Oktober 1974, sowie vereinzelte im Juli und August 1975 vor. Die vorgefundene Form entspricht am besten dem *Austriacum*-typus. Apikalthorn und Antiapikalthorn stehen aber nicht völlig parallel. Letzteres ist etwas nach außen gebogen. Vereinzelte war das linke Postäquatorialhorn länger ausgebildet. Die Zellen waren 155 - 180 μ m lang und 53 - 60 μ m breit und somit etwas kleiner als bei HUBER-FESTALOZZI angegeben (siehe Abb. 28 und 30).

Leptodinium aciculiferum LEMMERMANN

Während der Wintermonate Januar und Februar war diese Alge ein typischer Vertreter im Plankton. Sie gilt als kaltstenotherme Art (vergl. UTENHÖHL 1925, GESSNER 1953 und GLENK 1956). Das zahlenmäßig stärkste Vorkommen war im Februar 1973 mit 390 000 Zellen pro Liter zu verzeichnen.

Chlamydomonas depauperata PASCHER

Wurde im Februar und März 1975 im Kanalteil bei der Lände Forchheim angetroffen. Sie kam als einzige *Chlamydomonas*-art relativ häufig vor. Die beobachteten Formen waren meist rund mit zarter Membran. Der große topfförmige Chromatophor war auf der Innenseite gefurcht und zeigte ein deutliches solmales Stigma (siehe Abb. 45). Die gefundenen Exemplare hatten einen Durchmesser von 14 - 18 μ m. Bei EITL (1958) wird ein großes fleckförmiges Stigma und eine Zellgröße von 12 - 15 μ m beschrieben. In der Originalbeschreibung bei PASCHER (1927) wird ein strichförmiges Stigma angegeben.

Actinastrum hantzschii LAGERHEIM

Die sternförmigen Coenobien dieser Alge (siehe Abb. 43) waren besonders im Kanalgebiet bei Forchheim häufig zu finden (vergl. Abb. 25). Außer im Dezember und im Januar 1974/75 kamen sie während des ganzen Untersuchungszeitraumes vor. Diese Art wird als typischer Vertreter der β -mesosaprobien Wasserzone eingeordnet.

Crucigenia irregularis var. *pyrenogera* WILLE

Im Sommer 1973 und 1974 zeigte sich diese Alge in mäßig häufiger Abundanz im Plankton des Nürnberger Hafens. Die Art wird von PESTALOZZI als Eutrophieanzeiger beschrieben. Sie tritt meist vor erkennbarer Verschmutzung und zunehmender Eutrophie auf. Die morphologischen Merkmale der gefundenen Form decken sich gut mit den Angaben bei PESTALOZZI (1955). Abbildung 46 zeigt die Zeichnungen der vorkommenden morphologischen Ausbildungsformen. Nach FOTT (persönliche Mitteilung) gehört diese Alge nicht zur Gattung *Crucigenia*. Eine genaue taxonomische Einordnung dieser Form wird zur Zeit vorgenommen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß man sie einer eigenen neuen Gattung zuordnen muß.

Elakatothrix lacustris KORSCHIKOW

Abbildung 66 zeigt die typische Form dieser Alge. Sie bildet Kolonien von 4 - 16 zusammenbleibenden Zellen in einer Gallert-hülle. Die Gallerte verläuft in axialer Richtung der Zellen. Diese sind langgestreckt spindelförmig und haben einen wandständigen Chloroplasten mit einem Pyrenoid. Diese Form gehört zu den selteneren Arten im Plankton von Gewässern.

Planktosphaeria gelatinosa G.M. SMITH

war von 1973 bis 1975 in unregelmäßigen Abständen im Hafen-gebiet vertreten. Häufig fand ich sie von Januar bis Mai 1973, spärlich im Juni, August und September 1974. Im Jahre 1975 zeigte sie sich außer im Januar und im Oktober das ganze Jahr über. Die Alge ist durch ihre kugelige Gestalt und die deutliche Gallerthülle leicht erkennbar (siehe dazu die Abb. 52 und 54). Im Jugendstadium besitzt sie nur einen Chromatophor, der sich dann später in mehrere aufteilt. Diese sind dann keilförmig nach innen verschmälert. Eine Vermehrung durch

zeigte sich das erste Mal im September 1974 und kam im Sommer 1975 recht häufig vor (höchster Zählwert 140 000 Zellen im Liter). SULEK faßt eine Reihe von Arten, so z.B. *Pediastrum clathratum*, *Pediastrum sturmi*, *Pediastrum ovatum* u.v.a., wieder zu *Pediastrum simplex* zusammen. Die Variabilität der morphologischen Merkmale, besonders im Verlauf der Ontogenese, sei so ausgeprägt, daß er diese Zusammenfassung für berechtigt hält. (Näheres siehe bei SULEK 1966, zur Form vergl. Abb. 42, 43 und 44).

Scenedesmus MEYEN

hat sehr vielgestaltige Zellen, die meist zu 4-, seltener zu 8- oder 16-zelligen Coenobien verbunden sind. *Scenedesmus*-arten kamen ganzjährig während des gesamten Untersuchungszeitraumes vor (vergl. Abb. 20, 21 und 25). Die einzelnen Arten mögen den Planktonlisten (Kap. 3.2.4.) entnommen werden. Die häufigsten Formen waren:

Der Typus *Scenedesmus quadricauda* BRÉB., *Scenedesmus opoliensis* RICHT., *Scenedesmus abundans* (KIRCH.) CHOD. und *Scenedesmus obliquus* KÜTZ. (siehe dazu Abb. 31, 32 und 35). Die meisten *Scenedesmus*-arten bevorzugen den E-mesosaproten Gewässertypus.

Tetraedron KÜTZING

Die Arten dieser Gattung wurden oft mit den tetraedrischen kokkalen Algen der Xanthophyceen und der Dinophyceen verwechselt. Zu den *Tetraedron*-arten gehören diejenigen, die ein Pyrenoid führen und Stärke speichern (vergl. FOTT 1971). Im Plankton des Hafens und des Europakanals war häufig *Tetraedron minimum* (BRAUN) HANSG. (siehe Abb. 31) und meist seltener vorkommend *Tetraedron caudatum* (CORDA) HANSG. und *Tetraedron incus* G.M. SMITH zu finden. Die meisten Arten der Gattung *Tetraedron* gehören zu den Indikatorformen E-mesosaproten Gewässer.

Autosporen konnte beobachtet werden. Ein ähnliches Stadium wurde auch von ETTL (1959) und FOTT (1971) abgebildet. Der Zelldurchmesser lag bei 20 - 38 μm , der der Gallerthülle zwischen 28 und 64 μm . Die Maße entsprechen mehr den Angaben bei HEYNIG (1972) und übertreffen etwas die bei SKUJA (1956) angegebenen. Die Größe der Autosporen war 10 - 11 μm . HEYNIG beschreibt als ersten Nachweis auf deutschem Gebiet mehrere Funde aus den Gewässern bei Halle, den Talsperren des Südharz (1962) und dem Helme-Staubecken (1970). Disher liegen nur wenige Literaturangaben über diese Planktonart vor.

Pediastrum MEYEN

Die Gattung *Pediastrum* wurde im Jahre 1829 von MEYEN beschrieben. Seit dieser Zeit wurden so viele Arten-, Varietäten- und Formenbeschreibungen veröffentlicht, daß die systematischen Einordnungen kompliziert und unübersichtlich wurden. SULEK und FOTT haben in den letzten Jahren diese Gattung revidiert.

Pediastrum duplex MEYEN var. *duplex*

kam 1973 und 1974 ganzjährig vor, besonders häufig von Mai bis September. Im Jahre 1975 war diese Art nur spärlich vertreten (vergl. Abb. 20 und 21, zur Form siehe Abb. 50).

Ebenso war *Pediastrum boryanum* MONEGHINI var. *boryanum*

(siehe Abb. 51) in den Jahren 1973 und 1974 ganzjährig und in den Sommermonaten häufig im Plankton, meist etwas häufiger als *P. duplex*. Ab Juni 1975 trat *P. boryanum* nur noch spärlich bis vereinzelt im Hafen auf. Im Kanalgebiet bei Forchheim waren beide Formen seltener und nur während der Sommermonate zu finden.

Pediastrum tetras (EHR.) RALFS

gehört zu den verbreitetsten Arten (vergl. auch GLENK 1956). Im Hafen- und im Kanalgebiet war sie aber nur selten vertreten.

Pediastrum simplex MEYEN

zählt zu den seltenen Arten der Gattung. Seit REINSCH (1867) ist die Art nicht mehr in Franken gefunden worden. Die Alge

Closterium aciculare WEST

Diese sehr schmale und lange Alge (siehe Abb. 67) war der häufigste Vertreter der Gattung. Sie zeigte sich mäßig häufig bis spärlich vom Frühjahr bis Spätherbst im Plankton des Hafengebiets. Die Zellen sind 400 - 680 μm lang und meist 5 - 7 μm breit. Diese Art gilt als typischer Plankter eutropher Gewässer.

Cosmarium obtusatum SCHMIDLE

war eine recht häufige Form, die ganzjährig vorkam. Nach FOTT zeigt sich diese Art in eutrophen, teils verunreinigten Gewässern. Die Zellform sieht der von *Cosmarium botrytis* MENEUGH. sehr ähnlich. *Cosmarium obtusatum* ist aber deutlich kleiner. Die Zellen waren 48 - 56 μm lang und 42 - 48 μm breit (siehe Abb. 55).

Staurastrum gracile RALFS*Staurastrum paradoxum* MEYEN

Die beiden Arten unterscheiden sich durch den Verlauf der Fortsätze. Bei *Staurastrum gracile* laufen sie horizontal oder leicht konvergierend, bei *Staurastrum paradoxum* gehen sie schräg auseinander. Beide Arten neigen aber zu beträchtlichen Varianten, so daß die Bestimmung der Formen oft recht schwierig und manchmal fast unmöglich ist (vergl. WEST 1923). Die Länge der Zellen schwankte zwischen 25 μm und 52 μm . Bei den Abundanzwerten wurde keine Trennung zwischen den beiden Formen vorgenommen. Sie waren mit die häufigsten Arten der Conjugatophyceen (zur Form vergl. Abb. 61).

Staurastrum aciculiferum (WEST) ANDERS

Die gefundene Art stimmt mit der bei WEST beschriebenen Form gut überein. Die Länge der Zellen betrug 30 - 34 μm , die Breite 32 - 38 μm mit den Fortsätzen. Der Isthmus war 7 - 9 μm breit. Die Art war somit etwas größer als bei WEST angegeben. Da WEST aber nur Arten aus Moorgewässern beschreibt, müssen diese Formen nicht mit den Arten eutropher Gewässer übereinstimmen. Die Alge wurde im Plankton des Nürnberger Hafens zuerst im Juni 1975 gefunden. Im Oktober kam sie bereits recht häufig vor, im November wieder spärlicher (zur Form siehe Abb. 57 und 59).

3.3. Primärproduktion im Hafen Nürnberg (1975)

Die genaue Kenntnis der Primärproduktion ist ein zentrales Anliegen der Limnologie. Die Produktion ist dabei ein Maß für die Trophie eines Gewässers:

Trophie = Intensität der Primärproduktion (ELSTER 1958).

Bei der Bestimmung der Primärproduktion in einem Gewässer wird die in einem bestimmten Volumen oder unter einer bestimmten Oberfläche in einer bestimmten Zeit durch Chemo- oder Photosynthese gebildete organische Substanz ermittelt. Im Stoffhaushalt der Gewässer überwiegt bei weitem die Photosynthese. Die Methode, die zur Bestimmung der Primärproduktion benützt wird, muß deshalb an dem Prozeß der Photosynthese selbst angreifen und den assimilierten Kohlenstoff als Maß der Produktion verwenden (HÜBEL 1966).

Im Jahre 1952 wurde von STEEMANN NIELSEN die Bestimmung der Primärproduktion unter Verwendung des radioaktiven Kohlenstoffisotops C^{14} publiziert. Diese Methode ist seitdem unter dem Namen C^{14} -Methode oder Radiokohlenstoffmethode bekannt. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, daß in Flaschen dem planktonhaltigen Wasser C^{14} als tracer-Element zugesetzt wird und die Flaschen dann dem Licht exponiert werden. Nach Beendigung der Expositionszeit wird der Inhalt der Flaschen filtriert und aus den C^{14} -Gehalt im Filtrerrückstand die während der Versuchszeit gebundene Kohlenstoffmenge berechnet (vergl. auch Kap. 2.3.).

Die Abbildung 27 zeigt für jeden Monat des Jahres 1975 eine typische Verteilung der Produktion auf die Wassertiefe. Die Werte wurden nach der C^{14} -Methode ermittelt. Die trophogene Schicht reicht teils bis etwa 3 m. In den meisten Monaten findet allerdings in dieser Tiefe keine Photosynthese mehr statt. Die Hauptproduktion liegt bei 0,5 m oder noch näher zur Wasseroberfläche hin. Die niedrigsten Produktionswerte findet man im Februar mit $67 \text{ mg } C^{14} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$. Die stärkste Photosyntheseleistung war Anfang Oktober mit $340 \text{ mg } C^{14} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$ zu verzeichnen.

Abbildung 28 a+b zeigt einen Vergleich der Produktion, gemessen nach der C^{14} -Methode und der O_2 -Methode. Die Sauerstoffmethode zur Bestimmung der Primärproduktion des Phytoplanktons hat trotz der großen Verbreitung der modernen und eleganten C^{14} -Methode ihre Bedeutung und Berechtigung erhalten. Es ist für sie von großem Vorteil, daß jedes hydrochemische Laboratorium auf

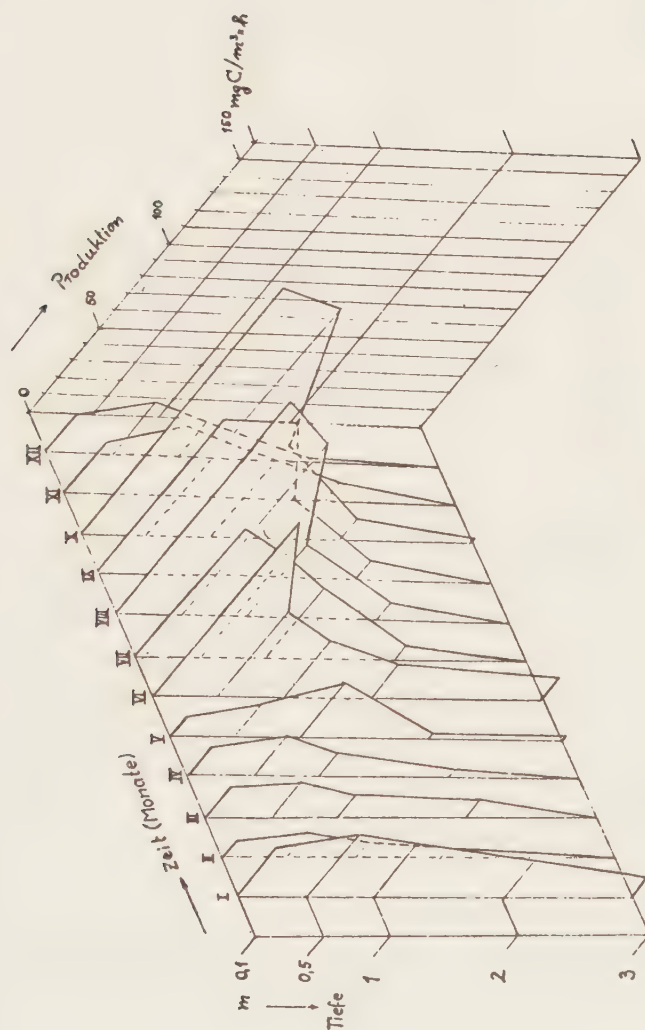


Abb. 77 Monatliche Tiefenverteilung der Primärproduktion im Hafen Nürnberg

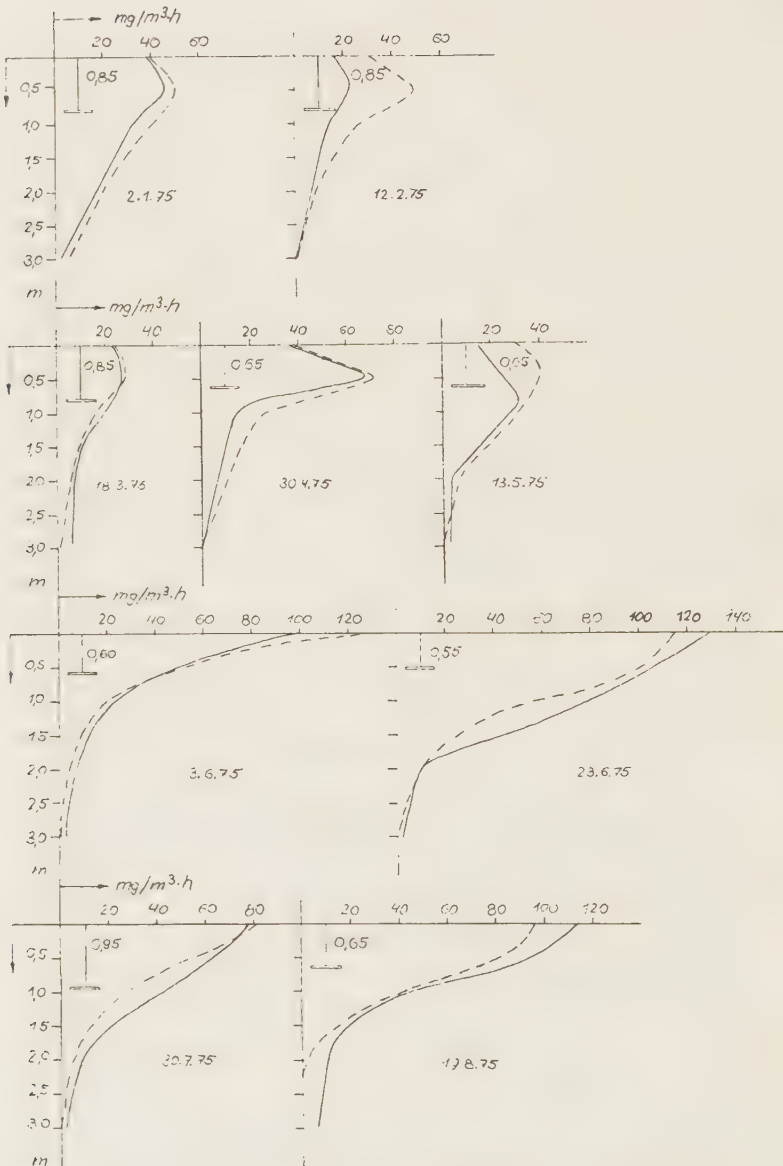


Abb. 78a Tiefenverteilung der Primärproduktion im Hafen Nürnberg

Vergleich zwischen der Radiokarbon- und der Sauerstoffmethode

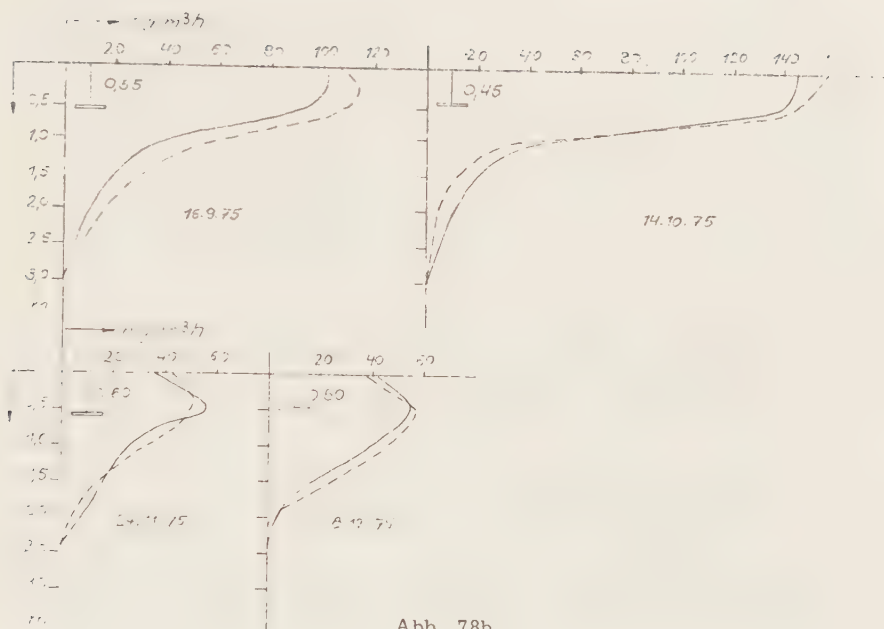


Abb. 78b

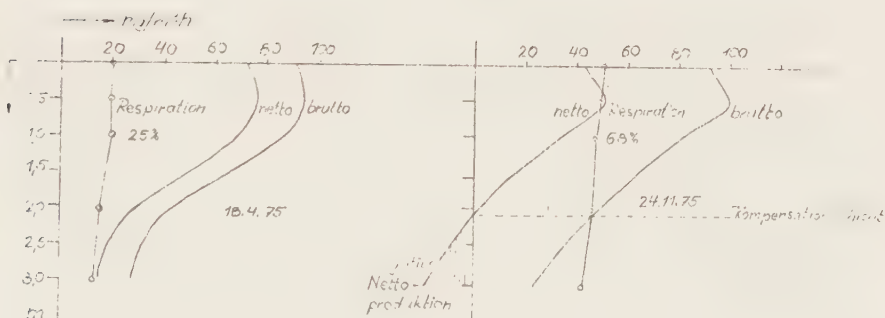


Abb. 79 Möglichkeiten der Ergebnisse bei der Sauerstoffmethode

Sauerstoffbestimmungen eingerichtet ist und deshalb als Basis für Untersuchungen der Primärproduktion nach der O_2 -Methode dienen kann, während Isotopenlaboratorien oder äquivalente Einrichtungen doch noch nicht so weit verbreitet sind. Der Umgang mit den harmlosen Reagenzien für die Sauerstoffmethode unterliegt zudem keinen besonderen Sicherheitsbestimmungen. Es kann außerdem als Vorteil angesehen werden, daß dabei sowohl Brutto- wie auch Nettoproduktion bestimmt werden kann (vergl. Abb. 29).

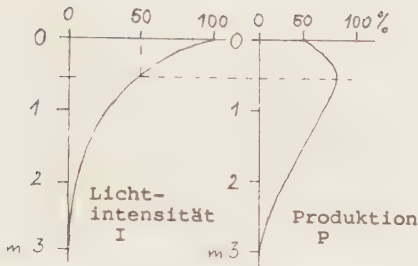
Neben dem Verlauf der Produktion ist in Abbildung 28 noch die Sichttiefe der Secchischeibe eingezeichnet. Die Ergebnisse der C^{14} -Methode und der O_2 -Methode lassen sich vergleichen, wenn man einen Photosynthesequotienten (PQ) von 1,23 zugrunde legt.

$$PQ = \frac{\text{Gesamtproduktion nach der } O_2\text{-Methode}}{\text{Gesamtproduktion nach der } C^{14}\text{-Methode}}$$

RYTHER (1956) gibt PQ-Werte von 0,9 - 1,5 an, FOTT, Jan (1970) findet bei Untersuchungen von Karpfenteichen einen PQ von 0,98, LANDE (1972) erhält bei Messungen der Primärproduktion in einem schwedischen See einen PQ von 1,25.

Vergleicht man die Kurven der beiden Methoden miteinander, so erhält man eine recht gute Übereinstimmung. Eine weitgehende Übereinstimmung der C^{14} - und der O_2 -Methode findet auch WINBERG (1961) bei Untersuchungen von Seen. Auffallend ist nur die große Diskrepanz in den Werten, die im Februar gemessen wurden. Die Produktion nach der O_2 -Methode ist doppelt so hoch wie nach der C^{14} -Methode. Eine plausible Erklärung dafür konnte nicht gefunden werden. Allgemein liegen die Werte der O_2 -Methode etwas höher, da die methodischen Fehler der C^{14} -Methode häufig eine zu niedrige Produktion vortäuschen (vergl. CHLE 1962). Nach STEEMAN-NIELSEN (1964) wird $^{14}CO_2$ um etwa 5 - 6% weniger assimiliert als $^{12}CO_2$. Dies führt zu etwas niedrigeren " C^{14} -Werten", wie es bei den meisten Kurven zu erkennen ist. Solch hohe Unterschiede, wie sie im Februar zu finden sind, lassen sich damit aber nicht erklären.

Die Kurven folgen meist dem erwarteten exponentiellen Verlauf. Vergleicht man die gemessene Photosyntheseleistung P mit der dazugehörigen Strahlungsintensität I, so ist eine exponentielle Zunahme von P zu den oberen Wasserschichten hin zu erwarten.



Das ist bei niederen und mittleren Lichtintensitäten auch der Fall, bei hoher Intensität wird P jedoch gehemmt. Die Produktion nimmt nur noch schwach zu und schließlich sogar ab. Der Horizont der lichtoptimalen Tiefe liegt dann nicht an der Wasseroberfläche. Bei Gewässern mit hohem Nährstoffgehalt, der ein dichtes Algenwachstum gestattet, ist die Lichtfilterwirkung durch die Eigenbeschattung so groß, daß das Produktionsmaximum allerdings dicht unter der Wasseroberfläche liegen kann. Dieser Kurvenverlauf ist typisch für die Sommer- und Herbstproduktion des Phytoplanktons im Nürnberger Hafen. Die Photosynthesemaxima liegen dicht unter der Wasseroberfläche. Dies ist auf die starke Vegetation von *Aphanizomenon flos-aquae* zurückzuführen. Diese polyphotische Art bildete von Juni bis Oktober eine Wasserblüte und verschob so die Produktionsmaxima nach oben dicht unter den Wasserspiegel. (vergl. Abb. 78).

Aus den Sauerstoffwerten der O_2 -Methode läßt sich neben der Netto- und der Bruttoproduktion auch die Respiration errechnen.

1. Nettoproduktion = O_2 -Gehalt Hellflasche - O_2 - Anfangsgehalt
2. Bruttoproduktion = O_2 -Gehalt Hellflasche - O_2 -Gehalt Dunkel-
flasche
3. Respiration = Anfangs- O_2 -Gehalt - O_2 -Gehalt Dunkelflasche

Der Respirationswert enthält neben der Atmung der Algen auch die O_2 -Zehrung des Zooplanktons, der Bakterien und den Sauerstoffverbrauch abiotischer Prozesse. Berechnet man die Respiration aus den im Hafen Nürnberg gemessenen Sauerstoffwerten, so beträgt sie zwischen 25% und 77% der Bruttoproduktion. Die niedrigste Respiration findet man im April, die höchste im August und September. Abbildung 79 zeigt den Verlauf der Brutto-, Netto- und Respirationswerte, die man bei der Sauerstoffmethode erhält. Im Gegensatz zur C^{14} -Methode erhält man

bei der O_2 -Methode unterhalb der Kompensationsschicht, d.h. jener Tiefe, in der Produktion und Respiration sich die Waage halten, negative Nettowerte. Das bedeutet, daß in diesen Schichten während der Exposition mehr Sauerstoff respiriert als assimiliert wird. Mit der C^{14} -Methode findet man in diesen Fällen nur "Null".

In Abbildung 80 sind die Werte der Gesamtproduktion der trophogenen Schicht ($mg\ C^{14}\cdot m^{-2}\cdot h^{-1}$) und die Mittelwerte der Chlorophyllkonzentration ($\mu g/l$) aufgetragen. Die Kurven verlaufen größtenteils parallel zueinander. Der auffallende Tiefpunkt der Produktion im Februar wurde bereits erwähnt (vergl. Abb 78). Hier sieht es so aus als ob die Werte nach der O_2 -Methode dem wirklichen Produktionswert am nächsten kämen (gestrichelte Linie). Der kleine Anstieg der Assimilation Ende Oktober und im Dezember läßt sich eindeutig auf eine Schönwetterperiode mit kurzzeitigem geringen Temperaturanstieg des Pelagials zurückführen (vergl. Abb. 12 und Tab. 4).

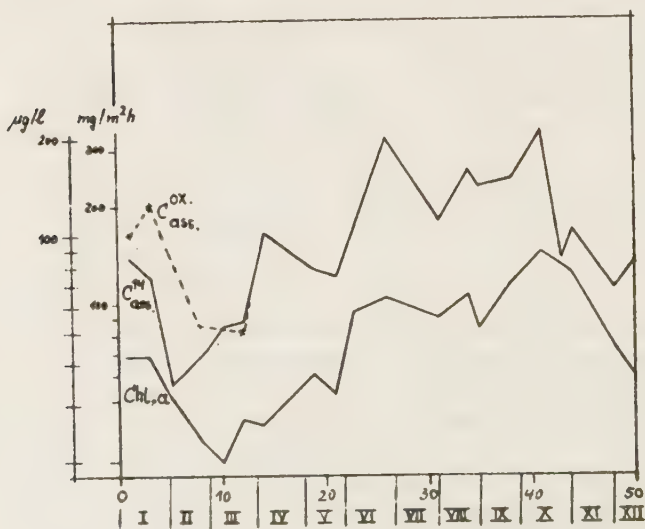


Abb. 80 Primärproduktion und Pigmentgehalt im Hafen Nürnberg

Die bei der Messung der Primärproduktion erhaltenen Werte setzen Maßstäbe zur typologischen Einteilung der Gewässer. Dabei erhebt sich die Frage, welche Werte der Primärproduktion zu einer Einteilung herangezogen werden können. Die in einer bestimmten Volumeneinheit des Gewässers assimilierte Kohlenstoffmenge besitzt nur einen geringen Aussagewert. Auch Werte, die die assimilatorische Leistung der gesamten trophogenen Schicht berücksichtigen (mg C/m^2) können nicht immer zur Charakterisierung verwendet werden. So können oligotrophe Gewässer, in denen die vertikale Lichtverteilung im Wasser eine Produktion bis zu größeren Tiefen ermöglicht, eine ebenso große Assimilationsintensität aufweisen, wie eutrophe Gewässer, in denen die trophogene Schicht auf wenige Meter begrenzt ist. Dem Beispiel der terrestrischen Produktionsbiologie folgend, wird von zahlreichen Autoren der Jahresertrag der Primärproduktion angegeben. WINBERG (1961) empfiehlt neben der Jahresproduktion auch die Tagesproduktion als Einteilungsprinzip zu verwenden. Er schlägt folgende Abgrenzungen vor:

Seentyp	max. Tagesproduktion $\text{mg C/m}^2/\text{Tag}$	max. Jahresproduktion $\text{g C/m}^2/\text{Jahr}$
hypertroph	2000 - 4000	200 - 400
eutroph	700 - 2000	70 - 200
mesotroph	300 - 700	30 - 70
oligotroph	100 - 300	10 - 30

Nach dieser Einteilung kann man den Nürnberger Hafen unter gewissen Vorbehalten als hypertrophes Gewässer einstufen. Die maximale Tagesproduktion liegt bei ca. $2720 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ (errechnet aus dem maximalen Produktionswert von 340 mg C pro Stunde bei acht Stunden Strahlungsdauer pro Tag). Eine derartige Korrelation zwischen maximaler Tagesproduktion und Trophiegrad wird auch aus den Nord-Rügenschcn Boddengewässern berichtet. Im großen Jasmunder Bodden liegt die maximale Tagesproduktion bei ca. $5000 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{d}$ (vergl. HÜBEL 1965). FINDENEGG (1964, 1966, 1971) zeigt in seinen Arbeiten, daß die Trophieverhältnisse besser durch vertikale Kurven der Primärproduktion charakterisiert werden.

Eutrophe Gewässer zeigen ein ausgeprägtes Assimilationsmaximum in geringer Tiefe (vergl. auch RHODE 1953). Je eutropher das Gewässer und je höher die Planktondichte, desto näher zur Wasseroberfläche hin verschiebt sich das Produktionsmaximum (vergl. UHLMANN 1975). In Abwasserteichen und stark gedüngten Fischteichen liegen die Maxima dicht unter dem Wasserspiegel. Im Nürnberger Hafen findet man die höchste Produktionsleistung zwischen 0,1 und 0,5 m Wassertiefe, so daß auch aufgrund der vertikalen Produktionsverteilung auf ein stark eutrophes Gewässer geschlossen werden kann (vergl. auch Kap. 3.1.4.).

3.4. Gewässercharakterisierung

In den einzelnen Kapiteln (besonders Kap. 3.1.5., 3.2.3., und 3.3.1.) wurde verschiedentlich eine Einstufung des Trophiegrades getroffen. Die Einordnung des Europakanals, bzw. des Nürnberger Hafens in die verschiedenen Trophiestufen ließe sich zuerst von der chemischen Situation her entscheiden (vergl. dazu Kap. 3.1.5.). Das relativ hohe Nährstoffangebot und die wegfallende Begrenzung durch den "Minimumstoff" Phosphat kennzeichnet die untersuchten Abschnitte des Europakanals als eindeutig stark eutroph. Dabei zeigte sich im Hafen deutlich eine Zunahme des Nährstoffgehalts (vergl. Kap. 3.1.2.). Das Kanalgebiet an der Lände Forchheim kann man auf Grund seiner chemischen Verhältnisse bereits als polytroph bezeichnen.

Neben der rein chemischen "Bewertung" kann auch die Photosyntheseleistung des Phytoplanktons zu einer Kennzeichnung der Trophie herangezogen werden. RHODE (1958) hält eine Zugrundelegung der Primärproduktion für die Bestimmung der Trophiestufe als übereinstimmend mit der ursprünglichen Definition von NAUMANN (1917). Dieser benutzte die Quantität des Phytoplanktons als maßgebende Eigenschaft um die Produktionsbedingungen in Seen zu beurteilen. Wie in Kapitel 3.3.1. gezeigt, läßt sich der Nürnberger Hafen von seiner Primärproduktion her als stark eutrophes Gewässer charakterisieren. Im Kanalgebiet bei Forchheim wurden keine Messungen der Primärproduktion vorgenommen. Nimmt man die Quantität des Phytoplanktons oder besser den ermittelten Chlorophyllgehalt als Grundlage für die Berechnung einer möglichen Produktion, so wäre diese trotz hoher Trophielage (vom Nährstoffangebot her gesehen) recht niedrig (vergl. dazu Abb. 26). In diesem Kanalteil wird durch die starke Lichtfilterwirkung des hohen Detritusgehaltes eine Ausnahmesituation geschaffen (vergl. Kap. 3.2.3.6.).

THUNMARK (1945) erarbeitete eine Methode, die Trophielage eines Gewässers nach dem Verhältnis von Chlorococcalen und Desmidiaceen zu bestimmen. Da die Chlorococcalen höhere ernährungsphysiologische Ansprüche stellen als die Desmidiaceen, traf er eine Einteilung der Trophie nach dem numerischen Wert: Artenanzahl der Chlorococcalen dividiert durch die Artenanzahl der Desmidiaceen. Die Tabelle 1 der THUNMARK'schen Arbeit

zeigt, daß in oligotrophen schwedischen Seen die Werte zwischen 0,2 und 0,5, in schwach eutrophen Seen zwischen 1 und 3,8 und in eutrophen Seen zwischen 2,6 und 14 lagen. NYGAARD (1949) versuchte die Einstufung der Eutrophie durch weitere Planktonquotienten genauer zu gestalten. Er stellte durch die Division der Artenzahl folgende Quotienten auf:

$$\text{Den Myxophyceen (Cyanophyceen)-Quotient} = \frac{\text{Cyanophyceen}}{\text{Desmidiaceen}} = m$$

$$\text{Den Chlorophyceen-Quotient} = \frac{\text{Chlorococcales}}{\text{Desmidiaceen}} = c$$

$$\text{Den Bacillariophyceen-Quotient} = \frac{\text{Centrales}}{\text{Pennales}} = d$$

$$\text{Den Euglenophyceen-Quotient} = \frac{\text{Euglenophyceen}}{\text{Cyanophyceen} + \text{Chlorococcales}} = e$$

$$\text{Den Gesamtquotient} = \frac{\text{Cyanophyceen} + \text{Chlorococcales} + \text{Centrales} + \text{Euglenophyceen}}{\text{Desmidiaceen}} = C$$

Bei seinen Untersuchungen über dänische Seen und Teiche fand er folgende Werte:

	m	c	d	e	C
Für eutrophe Seen	1,2 - 3	2,1 - 3,5	1,25 - 3	0	4,3 - 8,75
Für eutrophe Teiche	0,5 - 5	2 - 31	0,4 - 6	0 - 0,4	4,3 - 43
Für mehr saprotrophe Teiche	0 oder undefiniert	12 oder undefiniert	0,5	1,5 - 3	31

Tab. 8 Planktonquotienten bei NYGAARD

		m	c	d	e	C
Hafen	1973	1,3	4,1	0,8	0,09	6,8
	1974	1,4	5,3	0,86	0,08	8,5
	1975	1,9	5,6	0,86	0,09	9,5
Forchheim	1974	1,42	2,75	0,56	0,14	6,83
	1975	2,63	4,13	0,46	0,19	10,34

Tab. 9 Planktonquotienten in den untersuchten Abschnitten des Europakanals

Vergleicht man die im Nürnberger Hafen und im Kanalgebiet bei Forchheim erhaltenen Werte der Planktonquotienten mit den Angaben bei THUNMARK und NYGAARD, so wird dadurch erneut die Einstufung als eutrophes Gewässer bestätigt.

Die Zusammensetzung der Algenflora liefert aber auch ein charakteristisches Bild über den Stand der Verunreinigung in einem Gewässer. Diejenigen Saprobionten, die optimale Wachstumsbedingungen in bestimmten Saprobitätszonen finden, geben als Indikatoren am besten Auskunft über den Grad der Verunreinigung (vergl. JÄRNEFELT 1952). Nach LIEBNANN (1962) teilt man die Wassergüte in folgende Saprobienstufen ein:

- IV. polysaprob: Sehr stark organisch verschmutztes Wasser; sehr starke O_2 -Zehrung; massenhaft Bakterien.
- III. a-mesosaprob: Organisch verschmutztes Wasser; starke O_2 -Zehrung; bakterienreich; viele Algen, Ciliaten, Zooflagellaten.
- II. β -mesosaprob: Gering verschmutztes Wasser; sauerstoffreich; großer Artenreichtum des Planktons.
- I. oligosaprob: Reines, sauerstoffreiches Wasser; wenig Organismen in geringer Zellzahl.

Sieht man sich die Artenliste des Nürnberger Hafens an, so findet man viele Indikatoren der β -mesosaprobe Zone (vergl. Kap. 3.2.3.).

Beta-mesosaprobies Wasser findet man häufig in eutrophen Gewässern, deren Sauerstoffgehalt nicht unter 50 % Sättigung absinkt. Auch dieses Kriterium läßt sich mit den Befunden im Hafengebiet in Einklang bringen (die niedrigsten O_2 -Sättigungswerte lagen 1975 bei 63 %, (vergl. Kap. 3.1.2.4.).

Im Kanalgebiet bei Forchheim ist die Gewässersituation etwas schwieriger zu beurteilen. Die viel niedrigere O_2 -Sättigung (1974 im Minimum bei 37 %) deutet mehr auf eine a-mesosaprobe Wassergüte hin. Der Gehalt an organischen Stoffen, gemessen durch den $KMnO_4$ -Verbrauch, ist allerdings nicht höher als im Nürnberger Hafen. Die Mehrzahl der häufig vorkommenden Algenarten ist für die β -mesosaprobe Zone charakteristisch. Das starke Vorkommen von *Stephanodiscus hantzschii*, das artenreiche Vorkommen von *Chlamydomonas* div. spec. und besonders das häufige Auftreten einiger Zooplankter wie *Lionotus fascicola*, *Paramecium caudatum*, *Carchesium polypinum* und *Rotatoria neptunica* (einen Vertreter der polysaprobe Zone) weisen auf eine Neigung zum a-mesosaprobe Wassertyp hin.

4. Zusammenfassung

- a) In der Zeit von September 1972 bis Dezember 1975 wurden die hydrobiologischen Verhältnisse des Rhein-Main-Donau-Kanals (Europakanal) im Bereich Nürnberg - Forchheim untersucht. Besonderer Wert wurde auf die chemische Situation, die Artenbestimmung und die Aspektfolge des Phytoplanktons sowie die Messung der Primärproduktion gelegt.
- b) Die geschichtliche Entwicklung des Rhein-Main-Donau-Kanals, die Geologie und Hydrographie des Nürnberger Hafens und die meteorologischen Daten im Untersuchungszeitraum sind im Rahmen eines Überblicks dargestellt.
- c) Bei den Untersuchungen der chemischen Verhältnisse konnte im Hafen Nürnberg eine Zunahme des Phosphat- und Nitratgehalts von 1973 bis 1975 festgestellt werden. Diese gründet sich vor allem auf die unfreiwillige "Düngung" durch das Verladen großer Mengen an Rohphosphat und Futtermitteln. Es war deshalb im Jahre 1975 eine hohe Trophielage entstanden, die sich in einer Wasserblüte von Cyanophyceen manifestierte. Auf Grund der hohen Populationsdichte des Planktons war 1975 auch der Gehalt an organischen Stoffen gestiegen. Die Änderungen des Silikatgehalts wurden mit den Änderungen der Gesamtmenge an Bacillariophyceen in Zusammenhang gebracht. Die Schwankungen des Sauerstoffgehalts wurden in Hinblick auf die Wassertemperatur, die Assimilationstätigkeit des Phytoplanktons und der Menge an organischen Stoffen diskutiert.
- d) Der Europakanal im Bereich Nürnberg, der nur 1972 und 1973 in die Untersuchungen mit einbezogen wurde, zeigte in diesem Zeitraum die gleichen chemischen Verhältnisse wie der Nürnberger Hafen.
- e) Im Kanalgebiet bei Forchheim war durch die Abwasserbelastung der eingeleiteten Regnitz eine hohe Eutrophiestufe bereits gegeben. Es kam hier im chemischen Bereich nur zu geringfügigen Veränderungen. Im Vergleich zum Hafengebiet lagen die Phosphat- und Stickstoffanteile wesentlich höher.
- f) Der jahreszeitliche Wechsel und die Gesamtmenge des Phytoplanktons zeigten im Hafen Nürnberg und im Kanalgebiet bei Forchheim deutliche Unterschiede. Im Jahresverlauf der Vegetation des Nürnberger Hafens wurde im Herbst 1972 ein Chlorococcalenaspekt (Pediastrum und Scenedesmus), im Winter 1972/73 ein Bacillariophyceenaspekt (Asterionella und Fragillaria) festgestellt. Das

Frühjahr 1973 wies eine Bacillariophyceenaspekt mit *Stephanodiscus* auf. Der Sommer 1973 zeigte einen großen Reichtum an Chlorophyceen, der Herbst einen Mischaspekt an Bacillariophyceen, Cyanophyceen und Chlorococcalen. Im zweiten Untersuchungsjahr 1974 ergab sich zum Vorjahr kein gravierender Unterschied im Aspektwechsel. Der Sommer und der Herbst 1975 waren aber gekennzeichnet durch einen Cyanophyceenaspekt von *Aphanizomenon flos-aquae*. Die Vorherrschaft der Cyanophyceen wurde von *Oscillatoria redekei* bis in den Dezember hinein fortgesetzt.

Das Phytoplankton des Nürnberger Hafens war mit 151 Arten vertreten. Die artenreichsten Klassen waren die Chlorophyceen mit 50%, die Cyanophyceen mit 13% und die Bacillariophyceen mit 12% der Gesamtartenzahl.

- g) Die Planktonvegetation im Kanalgebiet bei Forchheim brachte im Frühjahr 1974 einen Diatomeenaspekt von *Stephanodiscus hantzschii*. Der Sommeraspekt 1974 ist gekennzeichnet durch die Chlorococcalen *Actinastrum hantzschii* und *Scenedesmus quadricauda*. Der Herbst zeigte, wie im Frühjahr, eine zahlenmäßige Vorherrschaft von *Stephanodiscus* und der Winter einen Cyanophyceen-Bacillariophyceen aspekt von *Oscillatoria redekei* und *Stephanodiscus hantzschii*. Das zweite Untersuchungsjahr 1975 brachte im großen und ganzen den selben Formenwechsel des Phytoplanktons. Im Phytoplankton waren 124 Arten zu finden. Die artenreichsten Algengruppen waren die Chlorophyceen mit 40%, die Bacillariophyceen mit 25% und die Cyanophyceen mit 16% der Gesamtartenzahl.
- h) Indikatorformen eutropher Gewässer und eine starke Blaualgenblüte kennzeichneten die hohe Trophiestufe des Nürnberger Hafens. Im Forchheimer Gebiet wurde trotz höherer Trophie auf Grund des Nährstoffgehalts eine wesentlich niedrigere Planktondichte festgestellt. Diese ist auf den hohen Detritusgehalt in diesem Kanalabschnitt zurückzuführen. Die unterschiedliche Artenzusammensetzung des Planktons gründet sich auf die unterschiedlichen chemischen Verhältnisse beider Gewässer.
- i) Eine Liste der gefundenen Phyto- und Zooplankter mit Angaben der Abundanz und des jahreszeitlichen Auftretens vervollständigt die Planktonuntersuchungen. Im taxonomischen Teil wurden die für die Gewässer typischen und systematisch interessanten Arten näher besprochen.
- j) Im Jahre 1975 wurden im Nürnberger Hafen Messungen der Primärproduktion nach der C^{14} - und der O_2 -Methode durchgeführt. Es wurden die jahreszeitlichen Änderungen sowie die Tiefenverteilung der Produktion im Gewässer gezeigt. Die Ergebnisse der

der C^{14} - und der O_2 -Methode zeigten eine gute Übereinstimmung. Die Meßwerte der Produktion wurden zur Einteilung der Trophiestufe des Gewässers verwendet.

- k) Zur Charakterisierung des Europakanals und des Nürnberger Hafens wurden neben den chemischen Verhältnissen die Ergebnisse der Primärproduktion sowie die Ergebnisse der Planktonuntersuchungen diskutiert. Der Nürnberger Hafen wurde aufgrund dieser Befunde als stark eutrophes bis hypertrophes Gewässer eingestuft mit einer B-mesosaproben Wassergüte. Das Kanalgebiet bei Forchheim zeigt ebenfalls hypertrophen Charakter, während die Wassergüte zur a-mesosaproben Einordnung neigt.

5. Literaturangaben

Taxonomischer Teil

- BROHMER, P. Fauna von Deutschland. 594 S. Quelle & Meyer, Heidelberg (1969)
- DONNE, J. Rotatorien. 54 S., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1967)
- GRELL, K.G. Protozoologie. 511 S., Springer Verlag, New York (1968)
- GOETGEBUER, M. Faune de France. Bd. 23, 171 S., Verlag Lechevallier, Paris (1932)
- HERBST, H.V. Phyllopoden. 130 S., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1962)
- HUBER-PESTALOZZI, G. Das Phytoplankton des Süßwassers. Bd. 1-5, Die Binnengewässer 16, Schweizerbart, Stuttgart (1938-1961) z.T. neu bearbeitet von FOTT, B. (1968)
- KIEFER, F. Copepoden. 97 S., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1960)
- KOLKWITZ, R. Pflanzenforschung. Bd. 3, 374 S., Fischer, Jena (1908)
- KORSCHIKOW, A. Viznacnik prisnovodnik vodorostej ukrajinskoj. 439 S. Akademia Kijev (1953)
- MATTHES, D. und WENZEL, F. Ciliaten. 84 S., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1966)
- MEYL, A.H. Nematoden. 73 S., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1961)
- PASCHER, A. Die Süßwasserflora Mitteleuropas. Heft 1-12, Fischer, Jena (1913-1932)
- RUDESCU, R. Fauna Republicii Populare Romine II, Rotatoria. 1192 S., Acad. Republ. Populare Romine (1960)
- STREBLE, H. und KRAUTER, D. Das Leben im Wassertropfen. 366 S., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart (1973)
- WEST, W. und WEST, G.S. A Monograph of the British Desmidiaceae. Bd. 1-5, Johnson Reprint Co. London/New York (1923) Nachdruck New York (1971)

Limnologischer Teil

- AMBÜHL, H. Die Krankengeschichte der schweizerischen Seen.
Neue Zürcher Zeitung 53, vom 5.3.1975
- Seenreinigung - ein ökologisches Problem.
Öster. Wasserwirtschaft 27, Heft 11/12, S. 253-260
(1975)
- BÜGER, H. Das Strukturprotein aus Chloroplasten einzelliger
Grünalgen und seine Beziehungen zum Chlorophyll.
Flora 154, S. 174 (Chlorophyllbestimmung) (1964)
- ELENKIN, A. Monographia algarum Cyanophycearum aquarum dulcium
et terrestrium in finibus URSS inventarum.
679 S., Moskva-Leningrad (1936)
Zitiert nach FINDENEGG: Produktionsbiologische
Planktonuntersuchungen an Ostalpenseen.
- ETTL, H. siehe KOMAREK, J. und ETTL, H. (1958)
- ELSTER, H-J. Das limnologische Seentypensystem.
Verh. int. Ver. Limnol. 13, S. 101-120 (1958)
- FINDENEGG, J. Produktionsbiologische Untersuchungen an Ostalpen-
seen. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 49, S. 381-416 (1964)
- Bestimmung des Trophiegrades von Seen nach der Radio-
carbonmethode. Nat.wiss. 51, S. 368 folgende (1964)
- Types of planktic primary production in the lakes of
the Eastern Alps as found by the C^{14} -method.
Verh. Internat. Verein. Limnol. 15, S. 352-359 (1964)
- Phytoplankton und Primärproduktion einiger ost-
schweizerischer Seen und des Bodensees.
Schweiz. Z. Hydrol. 28, S. 148-172 (1966)
- Die Produktionsleistung einiger planktischer Algen-
arten in ihrem natürlichen Milieu.
Arch. Hydrobiol. 69, S. 273-293 (1971)
- FOTT, B. Algenkunde. 581 S., Fischer Verlag, Stuttgart (1971)
- Studies in Phycologie. 304 S., Akademia, Prag (1969)
- FOTT, J. Observations on primary production of phytoplankton
in two fish-ponds.
Proceedings of the IBP-UNESCO Symposium S. 673-683
(1970)
- Seasonal succession of phytoplankton in the fish-ponds
Smyslov near Blatna, Czechoslovakia
Algological Studies 12, S. 259-279 (1975)
- GESSNER, F. Der Chlorophyllgehalt im See und seine photosyn-
thetische Valenz als geophysikalisches Problem.
Schweiz. Z. Hydrol. 11, S. 372-410 (1949)
- Die Limnologie des Naturschutzgebietes Seoon.
Arch. Hydrobiol. 47, S. 533-624 (1953)

- GLENK, H.O. Die jahreszeitlichen Schwankungen des Planktons im Dechsendorfer Weiher bei Erlangen. Sitz. Ber. med. phys. Soz., Erlangen 77, S. 56-157 (1954)
- Mallomonas Schwermlei GLENK, eine neue Chrysomonade aus dem Plankton eines fränkischen Teiches. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 69, S. 189-192 (1956)
- Pflanzliches Plankton; Methoden der wissenschaftlichen Planktonuntersuchung. I-IV Mikrokosmos 51, S. 178-182, 207-211, 268-271, 338-342 (1962) Mikrokosmos 52, S. 203-206 (1963)
- GLENK H.O. und FOTT, B. Zur Frage der Validität der Art Mallomonas Schwermlei GLENK und ihrer Unterscheidung von Mallomonas coronifera MATV. Arch. Prot.kde. 113, S. 220-229 (1971)
- GRIM, J., Versuche zur Ermittlung des Produktionskoeffizienten einiger Plantophyten in einem flachen See. Biol. Zentralblatt 69, S. 147-174 (1950)
- HEYNIG, H. Zur Kenntnis des Planktons mitteldeutscher Gewässer (III. Mitteilung) Nova Hedwigia 2, S. 33-43 (1965)
- Zur Kenntnis des Planktons mitteldeutscher Gewässer (VI. Mitteilung) Arch. Protistenkd. 112, S. 85-98 (1970)
- Das Helme-Staubbecken bei Kelbra III. Das Plankton im Zeitraum von 1967-1970. Arch. Protistenkd. 114, S. 14-33 (1972)
- HÖLL, K. Wasser. 423 S., De Gruyter Verlag, Berlin (1970)
- HÜBEL, H. Die Primärproduktion des Phytoplanktons der nördlichen Rügen'schen Boddengewässer unter Anwendung der C 14 - Methode. Dissertation Universität Greifswald (1965)
- Die C 14 - Methode zur Bestimmung der Primärproduktion des Phytoplanktons. Limnol. 4, S. 267-280 (1966)
- JANA, B.B. Seasonal Periodicity of Plankton in a Freshwater Pond in West Bengal, India. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 58, S. 127-143 (1973)
- JANA, B.B. and SARKAR, J. The limnology of "Swetganga" - a thermal spring of Bahreswor, West Bengal, India. Hydrobiol. 37, S. 33-47 (1971)
- JÄRNEFELT, H. Plankton als Indikator der Trophiegruppen der Seen. Ann. Acad. Sc. Fenn. Ser. A, 4, S. 1-29 (1952)
- Über die Sedimentation des Seston. Verh. Int. Verein. Limn. 12, S. 24-47 (1955) Zitiert nach SCHMID, K.: Ökologische Phytoplanktonuntersuchungen an Flachgewässern der Umgebung Erlangen. Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth 11, S. 289-352 (1963)

- JÖRGENSEN, E.G. Diatom Periodicity and Silicon Assimilation. Dansk. Bot. Archiv 18, S. 1-54 (1957)
- KING, J. and DAVIDSON, V. The biochemistry of silica acid. IV. Relation of silica to the growth of plankton. Biochem. J. 27, S. 1015-1021 (1933)
- KLOSE, H. Biologische, chemische und physikalische Untersuchungen an Lemnagewässern. Diplomarbeit Math. Nat. Fak. Leipzig S. 1-79 (1961)
- KOMAREK, J. und ETTL, H. Alogologische Studien. 358 S. Akademie VED, Prag (1958)
- KOMAROVSKI, B. A comparative study of the phytoplankton of several fish ponds in relation to some of the essential chemical constituents of the water. Bull. Res. Council. Israel 2, S. 379-410 (1953)
- KÜHL, H. und MANN, K.H. Die rhythmischen Veränderungen im Chemos von Aquarienwässern und ihre biologische Bedeutung. Aquarienzeitschrift 7, S. 1-5 (1953)
- LANDE, A. Studies on phytoplankton in relation to its produktion and some physical-chemical factors in Lake Svinsjoen. Arch. Hydrobiol. 72, S. 71-86 (1973)
- LANDINGHAM, S.I. VAN Some physical and generic aspects of fluctuation in non-marine plankton diatoms populations. Bot. Review 30, S. 437-478 (1964)
- LEITHE, W. Die Analyse der organischen Verunreinigungen in Trink-, Brauch- und Abwässern. 175 S. Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart (1975)
- LIEBMANN, H. Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie. Bd. I, 588 S., Bd. II, 1160 S., Oldenbourg, München (1960)
- LUND, J.W. Studies on Asterionella formosa HASS. II. J. Ecol. 38, S. 15-35 (1950)
- Primary produktion and periodocity of phytoplankton. Verh. Int. Verein. theor. angew. Limnol. 15, S. 37-56 (1966)
- MÜLLER, W. Phytoplanktologische Untersuchungen am Silbersee bei Nürnberg im Jahresverlauf. Diplomarbeit Universität Erlangen 65 S. (1975)
- NAUMANN, E. Underjökningar över fytoplankton och under den pelagiska regionen försiggaende gyttje och dybildningar inom vissa syd och mellansvenska urbergsvatten. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handl. 56, S. 1-165 (1917)
- NYGAARD, G. Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes II. Kong. Dansk. Vidensk. Selsk. Biol. 7, S. 1-293 (1949)
- OHLE, W. Der Stoffhaushalt der Seen als Grundlage einer allgemeinen Stoffwechseldynamik der Gewässer. Kieler Meeresforschung 18, S. 107-120 (1962)

- OVERBECK, J. Untersuchungen zum Phosphathaushalt von Grünalgen.
I. Phosphathaushalt und Fortpflanzungsrhythmus bei
Scenedesmus quadricauda (TURP.) BRED. am natürlichen
Standort.
Arch. Hydrobiol. 58, S. 162-208 (1962)
- Zur Struktur und Funktion des aquatischen Ökosystems.
Ber. Deutsch. Bot. Ges. 85, S. 553-577 (1972)
- PEARSALL W.H. Phytoplankton in English Lakes II.
J. Ecol. 20, S. 241-262 (1932)
- REBSDORF, D. The Carbon Dioxide System in Freshwater.
Freshw. Biol. Lab., Hillerød, Denmark (1972)
- REINSCH, P. Die Algenflora des mittleren Theiles von Franken.
Münchberg 238 S. (1867)
- REYNOLDS, C.S. The seasonal periodicity of planctonic diatoms
in a shallow eutrophic lake.
Freshwater Biol. 3, S. 89-110 (1973)
- ROHDE, W. Primärproduktion und Seentypen.
Verh. int. Verein. Limnol. 13, S. 121-141 (1958)
- RÜHLE, E. Biologische und chemische Untersuchungen über die
Selbstreinigung von häuslichen und industriellen
Abwässern unter Beachtung der Nährstoffumsetzung.
Diplomarbeit Math. Nat. Fak. Leipzig S. 1-112 (1961)
- RUTTNER, F. Grundriß der Limnologie. 167 S., Berlin (1940)
- RUTTNER, F. Zur Frage der Karbonatassimilation der Wasser-
pflanzen. Österr. bot. Z. 94, S. 265-284 (1947)
- RYTHER, J.H. The measurement of primary production.
Limnol. Oceanogr. 1, S. 72-84 (1956)
- SARKAR, H.L. and RAY, H. The limnology of Suraj Kund, India.
I. Physico-chemical conditions and plancton.
Trans. Amer. Microsc. Soc. 83, S. 260-266 (1964)
- SCHMID, R. Ökologische Phytoplanktonuntersuchungen an Flach-
gewässern der Umgebung Erlangens.
Ber. Nat.wiss. Ges. Bayreuth 11, S. 289-352 (1963)
- Untersuchungen über die Schwankungen der Biomasse
in Flachgewässern der Umgebung Erlangens.
Int. Rev. ges. Hydrobiol. 50, S. 57-71 (1965)
- SCHWOERBEL, J. Einführung in die Limnologie. 170 S., Fischer Verlag,
Stuttgart (1971)
- SEENAYA, G. Ecological Studies in the Plankton of Certain
Freshwater Ponds of Hyderabad-India. II. Phyto-
plankton. Hydrobiol. 39, S. 247-271 (1972)
- SKUJA, H. Taxonomische und biologische Studien über das
Phytoplankton schwedischer Binnengewässer.
Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. 16, S. 1-104
(1956)

- SPÖCKER, R.G. Geologie im Mündungsgebiet der Urpegnitz.
Geologica Bavarica 67, S. 253-277 (1973)
- STANGENBERG-CFOROWSKA, K. Studien über die Zusammensetzung des Wassers in der Karpfenteichgemeinschaft Milicz.
Polak. Arch. Hydrobiol. 2, S. 37-157 (1961)
Zitiert nach: UHLMANN, D. Beitrag zur Limnologie saprothropher Flachgewässer. Arch. Hydr. 63 (1957)
- STIERMANN-NIELSEN, E. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea.
J. Cons. perm. int. Explor. Mer. 8, S. 117-140 (1952)
- Recent advances in measuring and understanding marine primary production.
J. Ecol. 52, S. 119-130 (1964)
- STENGEL, E. Zustandsänderungen verschiedener Eisenverbindungen in Nährlösungen für Algen.
Arch. Hydrobiol. 28, S. 151-169 (1970)
- SULEK, J. Taxonomische Übersicht der Gattung Pediastrum MEYEN. in FOTT, B. (1969) Studies in Phycology.
- TEILING, E. Zur Phytoplanktonflora Schwedens.
Botaniska Notiser 1, S. 61-88 (1946)
- THIENEMANN, A. Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse eisbedeckter Seen des Plöner Gebietes am Ende des Winters 1923/24. Arch. Hydrobiol. 18, S. 1-21 (1927)
- THUNMARK, S. Zur Soziologie des Süßwasserplanktons. Eine methodologische-ökologische Studie.
Folia Limnol. Scand. 3, S. 3-66 (1945)
- UHLMANN, D. Beitrag zur Limnologie extrem nährstoffreicher Gewässer. I und II.
Wiss. Z. Univ. Leipzig Math. Nat. P. 14, S. 359-411; 15, S. 373-423 (1966)
- Beitrag zur Limnologie saprothropher Flachgewässer.
Arch. Hydrobiol. 63, S. 1-85 (1967)
- Hydrobiologie. 345 S., Fischer Verlag, Stuttgart (1975)
- und ALBRECHT, E. Biogeochemische Faktoren der Eutrophierung von Trinkwassertalsperren.
Limnologica 6, S. 105-108 (1968)
- UTERMÖHL, H. Limnologische Phytoplanktonstudien.
Arch. Hydrobiol. 2, 527 S. (1925)
- WEIMANN, R. Über Plankton, Düngung und Fischerträge in niederschlesischen Karpfenteichen.
Arch. Hydrobiol. 24, S. 659-693 (1939)
- WINBERG, G. Der gegenwärtige Stand und die Aufgaben bei der Erforschung der Primärproduktion.
Pervichnaja produkcija morei i vnutrennich vod. Minsk., S. 11-26 (1961) Zitiert nach HÜBEL, H. Die C^{14} - Methode zur Bestimmung der Primärproduktion.
Limnologica Berlin 4, S. 267-280 (1966)

WUNDER, W., UTERMÖHL, H. und OHLE, W. Untersuchungen über die Wirkung von Superphosphat bei der Düngung großer Karpfenteiche.
Zeitung für Fischerei 33, S. 555-613 (1935)

ohne Verfasser:

SCOR-UNESCO Working Group, Chlorophyllbestimmungen.
Arbeitsvorschrift Universität Konstanz (1971)

Herrn Professor Dr. W. Haupt danke ich für die freundliche Übernahme meiner Arbeit und die Bereitschaft für klärende Diskussionen.

Herrn Dr. H. O. Glenk danke ich für die Auswahl des Themas und vor allem für die ständige fachliche und tatkräftige Unterstützung, die er meiner Arbeit entgegenbrachte.

Dank gebührt auch Herrn Fachhochschulprofessor H. Stephan für die Überlassung eines Isotopenlabors sowie die Hilfe bei den Messungen der radioaktiven Proben.

Ebenfalls danken möchte ich Herrn Professor Dr. B. Fott für die Durchsicht und die Korrektur des taxonomischen Teils der Arbeit.

Schließlich gilt mein Dank noch dem Hafendirektor Herrn Dipl. Ing. W. H. Lechner, bei dem ich stets ein offenes Ohr für meine Probleme bei den Untersuchungen im Hafengebiet fand.

Die Bilder über den Hafen Nürnberg auf den Seiten 8 - 10 wurden freundlicherweise von der Hafenverwaltung zur Verfügung gestellt. Das Luftbild von Bischof & Broel ist freigegeben unter der Nummer LNet - G 301/4186.

Lebenslauf:

Geboren am 8.5.1943 in Essegg (Osjek), Jugoslawien

Eltern: Dr. med. Christoph Buck und Magdalena Buck, geb. Hartich

Abitur der Oberrealschule Münchberg im Juni 1965

Wehrdienst von April 1966 bis April 1968

Studium der Biologie an der Universität Erlangen von 1968

bis 1972, Abschluß mit Diplom 1972

Verheiratet, eine Tochter

Fachlehrer an der PTA-Schule Nürnberg

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hög, 8520 Erlangen, Hauptstr. 109 (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990